



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

Кафедра «Сварочное производство»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ И УЧАСТКА СБОРКИ-СВАРКИ ЩИТА КРЕПИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ МКЮ2Ш.79.05

УДК 622.285:621.757:621.791

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10A20	Быков О. К.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Колмогоров Д. Е.	К.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Специалист по УМР кафедры СП	Павлов Н. В.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экономист ООО «ПроСнаб»	Шиков В. П.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедры БЖДЭиФВ	Солодский С. А.	К.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С. Б.	Д.т.н., доцент		

Юрга – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Студент гр. 3-10А20

Быков О. К.

Руководитель ВКР

Колмогоров Д. Е.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Кафедра «Сварочное производство»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломной проект

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-10A20	Быкову Олегу Константиновичу

Тема работы:

Разработка технологии, проектирование оснастки и участка сборки-сварки щита крепи механизированной МКЮ2Ш.79.05

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	13.01.2017 г. № 1/с
--	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p style="text-align: center;">Материалы преддипломной практики</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Результаты проведенного исследования. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. ФЮРА.0МКЮ.2Ш.274.00.000 СБ Щит 1 лист (А1). 2. ФЮРА.000001.274.00.000 СБ Приспособление сборочно-сварочное 1 лист (А1). 3. ФЮРА.000002.274.00.000 СБ Директивный техпроцесс 1 лист (А1). 4. ФЮРА.000003.274 ЛП План участка 1 лист (А1). 5. ФЮРА.000004.274 ЛП Карта организации труда 1 лист (А1). 6. ФЮРА.000005.274 ЛП Вентиляция общеобменная 1 лист (А1). 7. ФЮРА.000006.274 ЛП Экономическая часть 1 лист (А1). 8. Технологическая схема сборки и сварки изделия
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Колмогоров Д. Е.
Социальная ответственность	Солодский С. А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шиков В. П.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Колмогоров Д. Е.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А20	Быков О. К.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
 «Оборудование и технология сварочного производства»

Кафедра «Сварочное производство»

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016 – 2017 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломной проект

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.05.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.01.2017	Обзор литературы	20
17.02.2017	Объекты и методы исследования	20
17.03.2017	Расчеты и аналитика	20
17.04.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
20.05.2017	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Колмогоров Д. Е.	К.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С. Б.	К.т.н., доцент		

Юрга – 2017 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-10А20	Быков О. К.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	«Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Оценка стоимости производства по базовому технологическому процессу щита крепи механизированной МКЮ2Ш.79.05

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления*
2. *Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями*
3. *Определение затрат на основные материалы*
4. *Определение затрат на вспомогательные материалы*
5. *Определение затрат на заработную плату*
6. *Определение затрат на силовую электроэнергию*
7. *Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экономист ООО «ПроСнаб»	Шиков В. П.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А20	Быков О. К.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10A20	Быкову Олегу Константиновичу

Институт	ЮТИ	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки щита крепи механизированной МКЮ2Ш.79.05 на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	<p>ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.4.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация.</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>Правила устройства электроустановок. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002</p> <p>Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.</p> <p>Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.</p> <p>Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.</p> <p>Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548.96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.</p> <p>СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредностей, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); <p>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</p>
--	--

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	<ul style="list-style-type: none"> -механические опасности (источники, средства защиты); -термические опасности (источники, средства защиты); -электробезопасность (в т. ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); -пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
3. Охрана окружающей среды:	<ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды....
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий.
5.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Система вентиляции участка

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедры БЖДЭ и ФВ	Солодский С. А.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А20	Быков О. К.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 109 с., 2 рисунка, 20 таблиц, 29 источников, 8 л. графического материала.

Ключевые слова: сварка плавлением, технология, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, производительность, план участка, приспособление, промышленная безопасность, себестоимость.

Актуальность работы: в данной выпускной квалификационной работе производится проектирование оснастки и участка сборки-сварки щита крепи механизированной МКЮ2Ш.79.05.

Объектом исследования является процесс изготовления щита крепи механизированной.

Цели и задачи исследования (работы). В результате данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации и автоматизации повышающей производительность труда.

В процессе работы рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, нормированы сборочно-сварочные операции. Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгоде предлагаемого технологического процесса.

ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 16.0 и КОМПАС–3D V10 и представлена на диске (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 109 pp., 2 figures, 20 tables, 29 sources, 8 l. graphic material.

Keywords: fusion welding technology, welding conditions, the welding current, welding equipment, performance, site plan, device, industrial safety, the cost price.

The relevance of the work: in this prom qualification work produced design snap and site Assembly and welding shield supports mechanized MKJu4Sh. 79.05.

The object of research is the process of making mechanized roof supports shield.

The goals and objectives of the study (work). As a result of this work should get production with the highest degree of mechanisation and automation improves productivity.

In the course of work calculated modes Sarki, picked up welding equipment, are normalized Assembly-welding operations. Calculated economic effect from the innovation that allows to judge about the profitability of the proposed process.

The WRC implemented a text editor Microsoft Word 16.0 and KOMPAS-3D V10 and is represented on the disk (in an envelope on the back cover).

Оглавление

Введение	14
1 Обзор литературы	16
1.1 Совершенствование высокопроизводительных процессов импульсной дуговой сварки в защитных газах	16
1.2 Особенности анодных процессов дуги при сварке плавящимся электродом в защитных газах	17
1.3 Основные закономерности изменения энергетических и технологических характеристик дугового разряда в смесях инертных газов	18
1.4 Заключение	21
2 Объект и методы исследования	22
2.1 Формулировка проектной задачи	22
2.2 Теоретический анализ	22
3 Результаты проведенного исследования	24
3.1 Инженерный расчёт	24
3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов	24
3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки	29
3.1.3 Расчёт режимов сварки	32
3.2 Технологический раздел	35
3.2.1 Технологический анализ выбранного производства	35
3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции	37
3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального	39
3.2.4 Нормирование операций	39
3.2.5 Выбор технологического оборудования	43
3.2.6 Контроль технологических операций	46
3.2.7 Разработка технической документации	50

3.3 Конструкторская часть	51
3.3.1 Общая характеристика механического оборудования	51
3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений	52
3.3.3 Расчет элементов сборочно-сварочных приспособлений	52
3.4 Пространственное расположение производственного процесса	53
3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха	53
3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха	54
3.4.3 Расчет основных элементов производства	55
3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования	55
3.4.3.2 Определение состава и численности работающих	56
3.4.4 Планировка заготовительных отделений	58
3.4.5 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков	59
3.4.6 Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса	60
3.4.7 Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений	61
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	64
4.1 Финансирование проекта и маркетинг	64
4.2 Сравнительный экономический анализ вариантов	64
4.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления	66
4.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями	68
4.2.3 Определение затрат на основные материалы	69
4.2.4 Определение затрат на вспомогательные материалы	69
4.2.5 Определение затрат на заработную плату	70
4.2.6 Определение затрат на силовую электроэнергию	71
4.2.7 Определение затрат на сжатый воздух	71
4.2.8 Определение затрат на амортизацию оборудования	72
4.2.9 Определение затрат на амортизацию приспособлений	72
4.2.10 Определение затрат на ремонт оборудования	73

4.2.11 Определение затрат на содержание помещения	74
4.3 Расчет технико-экономической эффективности	74
4.4 Основные технико-экономические показатели участка	76
5 Социальная ответственность	75
5.1 Описание рабочего места	77
5.2. Законодательные и нормативные документы	78
5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	79
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	85
5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	85
5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	88
5.5 Охрана окружающей среды	88
5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	90
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
Заключение	92
Список использованных источников	93

Диск CD-R	В конверте на обложке
Графический раздел	На отдельных листах
ФЮРА.0МКЮ.2Ш.274.00.000 СБ Щит. Сборочный чертеж	Формат А1
ФЮРА.000001.274.00.000 СБ Приспособление сборочно-сварочное	Формат А1
ФЮРА.000002.274 ЛП Директивный техпроцесс	Формат А1
ФЮРА.000003.274 ЛП План участка	Формат А1
ФЮРА.000004.274 ЛП Карта организации труда на производственном участке. Лист плакат	Формат А1
ФЮРА.000005.274 ЛП Безопасность жизнедеятельности	Формат А1

ФЮРА.000006.274 ЛП Экономическая часть

Формат А1

Технологическая схема сборки и сварки изделия

Формат А1

Введение

Начиная с середины XX века, сварка является одним из ведущих процессов обработки металлов. Существует более 40 различных видов сварки: ручная дуговая сварка; сварка в инертных и активных газах; сварка под флюсом; электрошлаковая сварка; сварка давлением и т.д.

Сварка широко применяется в производстве, так как резко сокращается расход металла, сроки выполнения работ и трудоёмкость производственных процессов.

Механизация и автоматизация сварочного производства - важнейшее средство повышения производительности труда, повышения качества сварного изделия, улучшений условий труда.

Сварка в среде защитных газов один из ведущих способов электродуговой сварки. Защитный газ, обтекая электрическую дугу и сварочную ванну, предохраняет расплавленный металл от воздействия атмосферы, окисления, азотирования.

Основными достоинствами сварки в защитных газах являются следующие:

- хорошая защита сварки от воздействия кислорода и азота воздуха;
- высокие механические свойства сварного шва;
- высокая производительность процесса сварки.
- отсутствие необходимости применения флюсов и последующей очистки шва от шлака;
- возможность наблюдения за процессом формирования шва;
- малая зона термического влияния;
- возможность полной механизации и автоматизации процесса сварки.

В последнее время все более внедряется в производство сварка в смеси двуокиси углерода с другими активными и инертными газами (Ar, He, O₂), что

расширяет эксплуатационные возможности и улучшает качество сварных соединений.

В данной выпускной квалификационной работе производится проектирование участка сборки и сварки щита крепи механизированной. В результате проведения данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации и автоматизации, повышающей производительность труда, качество сварного изделия, улучшение условий труда.

В современных условиях сварочного производства первостепенное значение имеет повышение производительности труда и снижение себестоимости изделия. Это обеспечивает качественно лучшее использование рабочей силы в процессе производства и повышение конкурентоспособности изделия на потребительском рынке, что является основной задачей в современной экономической политике России.

1 Обзор литературы

1.1 Совершенствование высокопроизводительных процессов импульсной дуговой сварки в защитных газах

За последние несколько лет новое технологическое развитие получил способ сварки плавящимся электродом в защитных газах. С появлением цифровых инверторных сварочных источников питания с мощными высокоскоростными процессорами началась активная разработка специализированных алгоритмов управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах, обеспечивающих высокое качество получаемых сварных швов и «простоту техники сварки», даже при просительной невысокой квалификации и незначительных навыках сварщика. Прежде всего это обусловлено общей тенденцией развития сварочных технологий и оборудования направленных на снижение влияния «человеческого фактора» на качество свариваемых изделий. Однако большее значение имеют разработки, связанные с расширением технологических возможностей и повышением производительности (эффективности) полуавтоматической сварки в защитных газах.

Таковыми новыми разработками в 2009 году стали процессы MIG/MAG сварки SpeedPuls, SpeedArc, SpeedUp и чуть позднее появился SpeedRoot, каждый из которых, имея свою оригинальную особенность применения, обеспечивал высокое качество сварных швов при максимальной производительности процесса сварки в защитных газах в конкретных условиях применения. Алгоритмы управления такими процессами сварки реализованы программным обеспечением сварочных источников питания в виде синергетических программ (настроек) сварки углеродистых сталей, нержавеющей сталей в смесях защитных газов (Ar и CO₂) и алюминиевых сплавов в аргоне. Процесс SpeedRoot предназначенный для сварки корневых проходов с формированием обратного валика реализован и для сварки в 100%

CO₂. Еще одним преимуществом явилось то, что все указанные выше процессы, можно включать на типовых сварочных аппаратах разработчика, наряду с обычными («стандартными») режимами полуавтоматической сварки в защитных газах. Активация функций Speed-процессов производится изначально при предпродажной подготовке сварочного оборудования, либо по необходимости уже в процессе эксплуатации при возникновении соответствующих сварочных задач (дооснащение). Speed-процессы легко автоматизируются и поэтому активно применяются в автоматических и роботизированных сварочных установках [1].

1.2 Особенности анодных процессов дуги при сварке плавящимся электродом в защитных газах

Сварка в защитных газах плавящимся электродом, как правило, осуществляется током обратной полярности поэтому анодные процессы в сварочных дугах представляют большой интерес с точки зрения управления технологическими свойствами процесса сварки, его производительностью и качеством сварного соединения. Под технологическими свойствами сварочной дуги понимают совокупность ее теплового, механического и физико-химического воздействия на электроды, определяющие интенсивность плавления электрода, характер переноса металла, формирование шва, а также ее пространственную устойчивость и эластичность.

Несмотря на большое количество опубликованных работ в отечественной и зарубежной литературе по сварке в защитных газах плавящимся электродом, в настоящее время, отсутствует обоснование путей (способов) управления технологическими параметрами анодных процессов дуги при сварке током обратной полярности.

На основании анализа литературных данных по сварке в защитных газах плавящимся электродом и собственных исследований установлено, что при выявлении анодных процессов необходимо учитывать факторы, такие как:

малая протяженность анодной области, высокая концентрация энергии, высокая температура, наличие и направление плазменных потоков. В дугах с плавящимся электродом наблюдается движение анодного пятна, которое приводит к неустойчивости сварочной дуги [2].

1.3 Основные закономерности изменения энергетических и технологических характеристик дугового разряда в смесях инертных газов

В процессе исследования технологических свойств дуги при сварке неплавящимся электродом в аргоне и гелии установлено, что для зависимости площади проплавления $S_{пр}$ от состава защитного газа характерно наличие минимума, соответствующего содержанию в смеси 25 – 30 % гелия, что связано, по-видимому, с изменением силового воздействия дуги на металл сварочной ванны. Причем, наиболее ярко это явление выражено в случае использования полых и композиционных электродов, когда дуговой разряд горит с диффузным катодным пятном. В то же время для дуги с традиционным катодом, заточенным на конус, снижение $S_{пр}$ менее заметно, что объясняется более интенсивным перемешиванием расплавленного металла в объеме сварочной ванны и эффективным теплообменом, характерными для разряда с сосредоточенным катодным пятном. Однако природа происхождения данного минимума $S_{пр}$ остается невыясненной, а его существование может быть связано как с термическим, так и силовым воздействием дуги.

Для решения этого вопроса провели серию экспериментов по определению полного $\eta_{пр}$ и эффективного $\eta_{и}$ КПД в зависимости от конструкции электрода и состава защитного газа. В процессе экспериментов использовали неплавящиеся электроды, конструкция которых (рисунок 1.1) обеспечивает различные условия протекания катодных процессов. Для формирования сосредоточенного катодного пятна применяли традиционную заточку электрода с углом заточки α , равным $(45-90)^\circ$ (рисунок 1.1, а), для обеспечения

режима горения дуги с диффузионным катодным пятном использовали полые катоды и композиционные биметаллические электроды (рисунок 1.1, б и в).

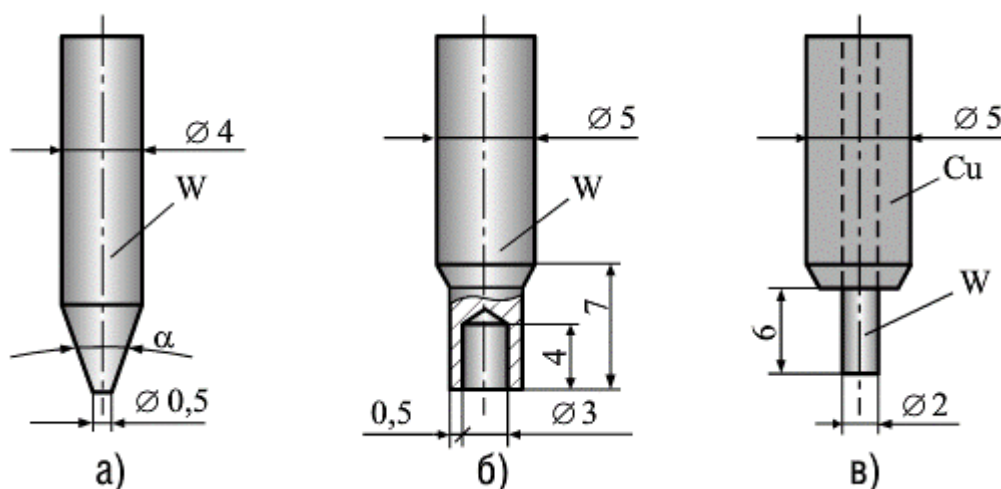


Рисунок 1.1 Конструкция применяемых электродов: а – заточенный на конус; б, в – с полым катодом и композиционный биметаллический соответственно

В ходе проведения калориметрирования для исключения влияния значительных колебаний действующего напряжения дуги U_d на результаты измерения η_i фиксировали изменение напряжения во времени с последующим расчетом U_d (рисунок 1.2). Как видно, с увеличением содержания гелия в смеси действующее напряжение дуги неизменно возрастает, однако характер роста для электродов разных конструкций различен. При одинаковой величине тока наименьшее значение U_d как в аргоне, так и в гелии наблюдается при использовании полых катодов, а наибольшее – композиционных электродов.

Зависимость коэффициента $\eta_{пр}$ от состава смеси (рисунок 3) имеет минимальное значение при содержании гелия 25 % и увеличивается с ростом его содержания в газовой смеси. Резкое снижение полного КПД дуги с полым катодом в чистом гелии в этом случае обусловлено значительным ростом напряжения разряда при увеличении содержания гелия более 75 %, вследствие чего повышается эффективная мощность дуги, в то время как площадь проплавления изменяется несущественно [1]. Как отмечалось, напряжение дуги с полым катодом в чистом гелии ниже, чем с композиционным или заточенным на конус электродом (смотри рисунок 1.2), в связи с чем данное снижение

полного кпд следует рассматривать как особенность дуги с диффузным катодным пятном [3].

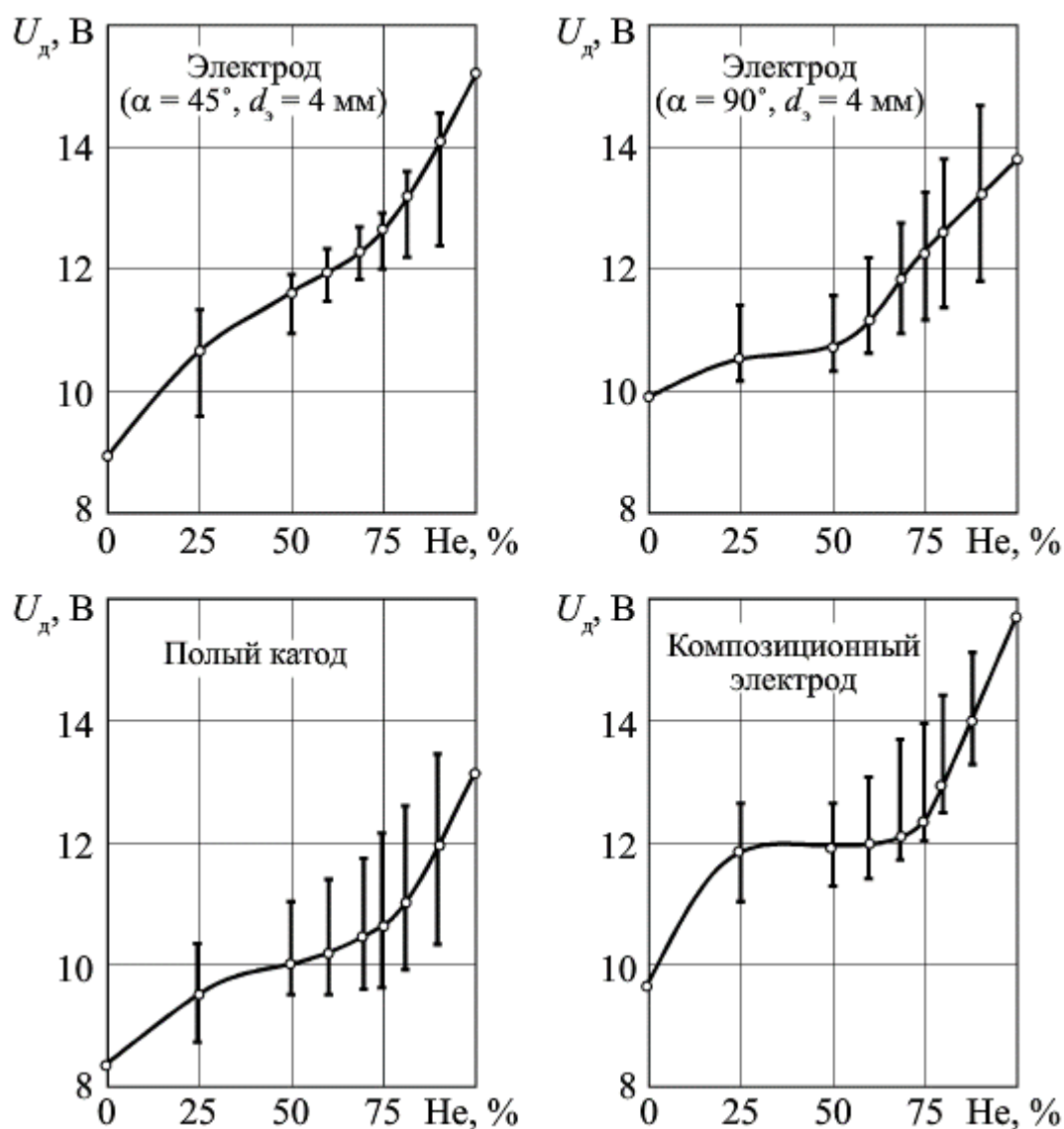


Рисунок 1.2 Действующее напряжение дуги U_d и области ее отклонений в зависимости от конструкции электрода и содержания гелия в защитном газе ($I_d = 300$ А; $l_d = 2$ мм; $Q_r = 20$ л/мин)

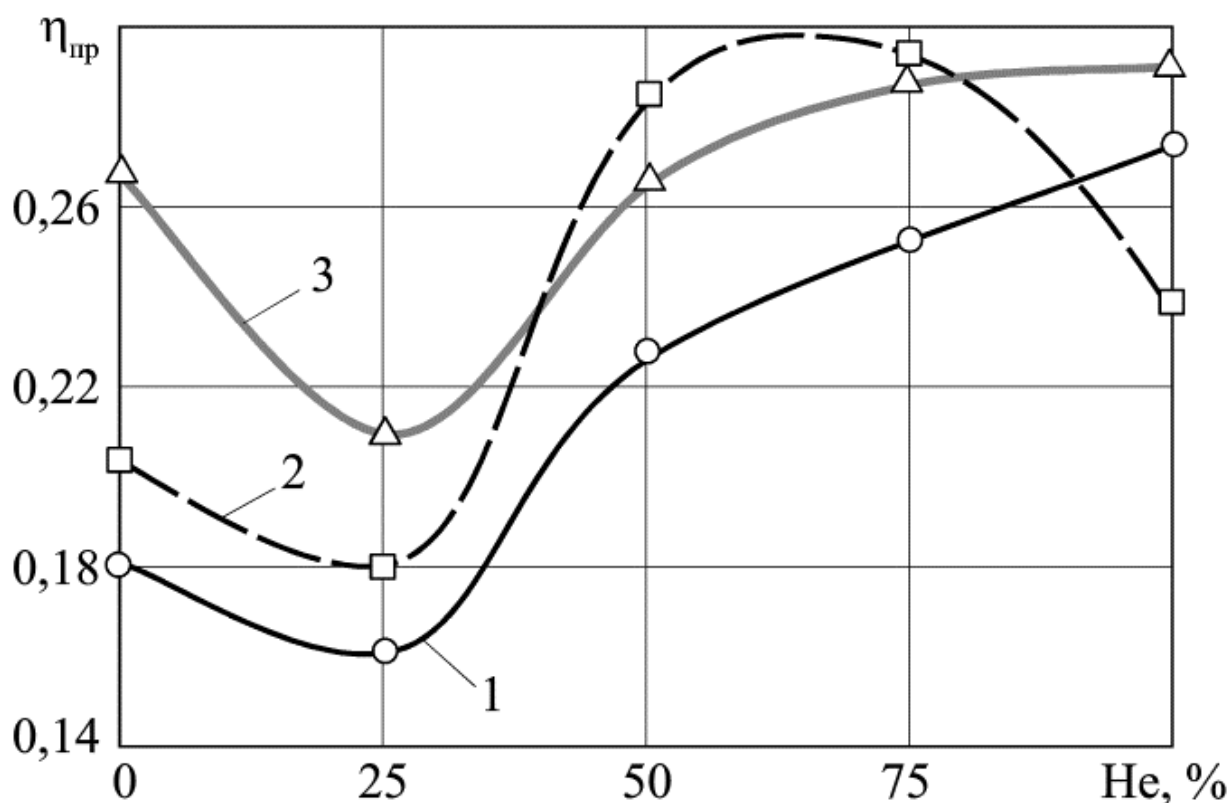


Рисунок 1.3 Зависимость полного КПД от пропорции аргоногелиевой смеси: 1 – композиционный электрод; 2 – полый катод; 3 – электрод, заточенный на конус ($\alpha = 45^\circ$; $d_s = 4$ мм; $d_{пр} = 0,5$ мм; $I_d = 300$ А; $l_d = 2$ мм; $Q_r = 20$ л/мин; $v_{св} = 20$ м/ч)

1.4 Заключение

В настоящее время большее значение имеют разработки, связанные с расширением технологических возможностей и повышением производительности полуавтоматической сварки в защитных газах. Сварка в защитных газах плавящимся электродом, как правило, осуществляется током обратной полярности поэтому анодные процессы в сварочных дугах представляют большой интерес с точки зрения управления технологическими свойствами процесса сварки. Сварка в защитных газах находит широкое применение при производстве разнообразных конструкций. Сварка в защитных газах характеризуется экономичностью, качеством выполненного шва, удобным управлением режимами сварки, поэтому выбирается автоматическая сварка в смеси газов ($Ar+CO_2$).

2 Объект и методы исследования

2.1 Формулировка проектной задачи

Целью выпускной квалификационной работы является сопоставление достигнутого выпускниками уровня гуманитарной, социально-экономической, естественнонаучной, общепрофессиональной и специальной подготовки с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования по направлению 15.03.01, профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо разработать участок сборки и сварки щита крепи механизированной. При этом произвести выбор наиболее эффективного метода сварки и сварочных материалов, расчёт режимов сварки и выбор необходимого сварочного оборудования, техническое нормирование операций, определить потребный состав всех необходимых элементов производства, произвести расчёт и конструирование оснастки, планировку участка сборки и сварки.

Помимо этого, разрабатываются эргономические и экономические мероприятия, которые совместно с технологической частью должны обеспечивать возможность создания наиболее современного и передового по техническому уровню и высокоэффективного сборочно-сварочного участка по выпуску продукции, при ее себестоимости, обуславливающей рентабельность производства и кратчайшие сроки окупаемости капитальных затрат, а также соблюдение других необходимых требований.

2.2 Теоретический анализ

В результате теоретического анализа существующего технологического процесса сборки и сварки щита крепи механизированной были выявлены существующие недостатки. Для устранения этих недостатков предлагается

произвести следующие изменения в технологическом процессе:

- сократить время производственного цикла за счет замены плиты сборочной сборочно-сварочным приспособлением, что даст возможность уменьшить время, затрачиваемое на сборку;
- произвести замену дорогостоящего импортного оборудования на современный российский аналог.

В результате внедрения в технологический процесс вышеуказанных изменений значительно улучшаются технические и экономические показатели, снижается себестоимость изделия, что в свою очередь приведет к увеличению конкурентоспособности изделия на рынке производства, сбыта и потребления, а, следовательно, к рентабельности производства данного изделия.

3 Результаты проведенного исследования

3.1 Инженерный расчёт

3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Изготавливаемое изделие – щит. В качестве материала деталей щита крепи механизированной используют сталь марки 14ХГ2САФД (свариваемость хорошая, сварные соединения высокого качества, сварка выполняется без применения особых приемов) [4]. Выбор этой стали обусловлен необходимостью в сочетании надежности конструкции с хорошей технологической свариваемостью и небольшой себестоимостью [4].

Химический состав и механические свойства стали 14ХГ2САФД приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 - Химический состав стали 14ХГ2САФД в % [5]

C	Mn	Si	Cu	Cr	N	Ni	V	P	S
0,08-0,14	0,11-0,17	1,2-1,6	0,9	<0,05	0,9	<0,8	0,2	Не более	
								0,035	0,04

Таблица 3.2 – Механические свойства стали 14ХГ2САФД [5]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_6 , %	KCU ₄₀ МДж/м ²
390	530	19	0,5

Способ сварки при разработке технологии следует выбирать таким образом, чтобы он удовлетворял всем требованиям, установленным исходными данными.

Для стали 14ХГ2САФД рекомендуются следующие способы сварки: механизированная и автоматическая сварка в Ar+CO₂ электродной проволокой диаметром 0,8...2,0 мм; автоматическая дуговая сварка под флюсом электродной

проволокой диаметром 1,6...5,0 мм; электрошлаковая сварка проволочными, пластинчатыми и комбинированными электродами [4].

Принимаем сварку плавящимся электродом в смеси газа Ar+CO₂ (смесь двуокиси углерода с аргонem в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона) по ТУ 2114-004-00204760-99, т. к. существует ряд преимуществ этого способа:

- возможность вести механизированную сварку, а т. к. в изготавливаемом изделии есть сварные швы протяженностью больше двух метров, то возможность использования автоматической сварки очень важна;
- высокая производительность;
- высокие механические свойства сварных соединений;
- меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- меньшая себестоимость сварочных работ.

При сварке в смеси газов электродная проволока является единственным материалом, через который можно в достаточно широких пределах изменять состав и свойства металла шва. Состав металла шва выбирают близким к составу основного металла, при этом необходимые свойства металла получают за счёт сварочной проволоки. Сварку ведут проволокой с повышенным содержанием элементов - раскислителей. Выбираем проволоку Св-08Г2С-О по ГОСТ 2246-70.

Проволока Св-08Г2С-О ГОСТ 2246-70 выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм. Она поставляется кассетах, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен. На рабочее место проволока подаётся в кассетах, намотанных на специальных станках. Химический состав проволоки и механические свойства металла шва приведены в таблице 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Химический состав проволоки в % по ГОСТ 2246-70 [6]

Марка проволоки	Химический состав							
	C	Mn	Si	Ti	Ni	Cr	S	P
					не более			
Св-08Г2С-О	0,05÷0,11	1,8÷2,1	0,7÷0,95	-	≤0,025	≤0,02	≤0,025	≤0,03

Таблица 3.4 – Механические свойства металла шва [6]

Марка проволоки	σ_B , МПа	δ , %	КСУ, кДж/см ²	
Св-08Г2С-О	540	24	20 ⁰ С	-20 ⁰ С
			100	60

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем смесь двуокиси углерода с аргоном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона.

Смесь изготавливают непосредственно на ООО «Юргинский машзавод» согласно требованиям ТУ 2114-004-00204760-99. Затем смесь централизованно подается через магистраль в цех к рабочим местам.

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить из физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в околошовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения [7].

Тепловое воздействие на металл в околошовных участках и процесс плавления определяются способом сварки, его режимами. Отношение металла к конкретному способу сварки и режиму принято считать технологической

свариваемостью. Физическая свариваемость определяется процессами, протекающими в зоне сплавления свариваемых металлов, в результате которых образуется неразъёмное сварное соединение.

Физическая свариваемость определяется свойствами соединяемых металлов, их способностью вступать между собой в требуемые физико-химические отношения. Все однородные металлы обладают физической свариваемостью.

Такие особенности сварки, как высокая температура нагрева, малый объём сварочной ванны, специфичность атмосферы над сварочной ванной, а также форма и конструкция свариваемых деталей и т.д. – в ряде случаев обуславливают нежелательные последствия:

- резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;
- изменение структуры и свойств основного металла в зоне термического влияния;
- возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;
- образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;
- образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний, марганец, окисляется железо. В связи с этим в определение технологической свариваемости должно входить:

- определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;
- оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;

- оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;

- оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы: первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы; вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние сварочного процесса. Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п. Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов, и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, - это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [8]:

$$C_{\text{экв}} = C + (Mn/6) + (Si/24) + (Ni/10) + (Cr/5) + (Mo/4) + (V/14), \quad (3.1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент $C_{\text{экв}}$ больше 0,45 процентов, то для обеспечения стойкости околошовной зоны против образования околошовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 14ХГ2САФД:

$$C_{\text{экв}} = 0,14 + (0,05/5) + (0,17/6) + (1,2/24) + (0,2/14) = 0,243 \text{ \%}.$$

Как показывает практика, при сварке стали 14ХГ2САФД подогрев не требуется (при условии четкого соблюдения режимов сварки, температуры окружающего воздуха не ниже +5°C и толщине металла не более 30 мм). Все перечисленные условия в предлагаемом проекте соблюдены, поэтому сварку стали 14ХГ2САФД ведем без подогрева.

3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом определяется составом газа, составом электродного и основного металла, их долями в металле шва и ходом металлургических реакций в сварочной ванне.

Необходимо отметить, что аргон, входящий в смесь газов в составе 82%, является инертным газом. Поэтому он не участвует в химических реакциях, его роль сводится только к физической защите сварочной ванны.

Температура сварочной ванны является основным параметром, который определяет направление и интенсивность физико-химических процессов в ней. При сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ тепловые характеристики дуги возрастают, что объясняется отчасти повышением доли теплоты, выделяющейся в результате химических реакций, и некоторым напряжением дуги. При высокой температуре дуги происходит реакция диссоциации CO_2 [9]:



С повышением температуры увеличивается количество тепла, вводимого в изделие, что способствует снижению скорости охлаждения. С увеличением содержания кислорода в смеси, время существования ванны в жидком состоянии увеличивается, что способствует более плавному удалению неметаллических включений и дегазации металла сварочной ванны [8].

Аргон, растекаясь по поверхности свариваемого изделия, защищает достаточно длительно довольно широкую и протяженную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

При сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ плавящимся электродом в зоне высоких температур происходит разложение CO_2 по реакции:



Окисление металла происходит по реакции:



Но в тоже время большая концентрация окиси углерода будет тормозить этот процесс и задерживать окисление углерода стали:



При сварке в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ происходит потеря легирующих элементов. Это приводит к повышенному содержанию кислорода в металле сварочной ванны. В результате возрастает вероятность образования пор из-за выделения оксида углерода в процессе кристаллизации, и снижаются механические свойства металла шва.

Образование пор из-за выделения окиси углерода при сварке углеродистых сталей предотвращается, если металл шва содержит до 0,12 - 0,14% С, не ниже 0,5 - 0,8% Мп. При этом металл шва характеризуется малой склонностью к образованию пор, трещин и достаточно высокими механическими свойствами.

В большинстве случаев при сварке сталей беспористые швы указанного выше состава получают при применении кремне - марганцовистых электродных проволок Св-08Г2С-О, обеспечивающих малую загрязненность

металла шва оксидными включениями.

Содержащиеся в проволоке кремний и марганец, обладая большим сродством к кислороду, чем железо, связывают кислород, растворенный в металле:



Оксиды кремния и марганца образуют легкоплавкие соединения, которые в виде шлака всплывают на поверхность сварочной ванны. При сварке в углекислом газе количество шлака на поверхности шва составляет примерно от 1 до 1,5 % массы наплавленного металла [8].

Содержание кремния и марганца в наплавленном металле шва, выполняемого в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ проволокой Св-08Г2С-О остается на необходимом уровне.

Значительному снижению разбрызгивания электродного металла способствует добавление в смесь аргона - до 82 %. Это приводит к переходу от крупнокапельного переноса металла в дуге к струйному, что способствует улучшению сплавления, уменьшает подрезы, увеличивает производительность сварки и позволяет получать более плотные беспористые швы.

С увеличением выгорания кремния происходит образование горячих трещин, с уменьшением содержания кремния увеличивается количество расплавленного металла и уменьшается количество защитного газа на единицу массы переплавленного металла.

Технология сварки выбирается в зависимости от марки стали и требований, предъявляемых к сварным соединениям. Разработанная технология сварки должна обеспечивать получение достаточной работоспособности при минимальной трудоемкости.

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их размеры при сварке в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ должны обязательно соответствовать ГОСТ 14771-76. Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги и других загрязнений.

3.1.3 Расчёт режимов сварки

Расчёт режима дуговой сварки.

Параметры режима дуговой сварки в смеси газов плавящимся электродом следующие [7]:

- диаметр электродной проволоки - $d_{\text{эп}}$;
- скорость сварки ϑ_c ;
- сварочный ток – I_c ;
- напряжение сварки – U_c ;
- вылет электродной проволоки – l_b ;
- скорость подачи электродной проволоки - $V_{\text{эп}}$;
- общее количество проходов - $n_{\text{пр}}$;
- расход защитной смеси $g_{\text{зг}}$.

Расчёт режимов сварки выполняем по размерам шва (ширине l и глубине проплавления h_p) [7].

Сварка механизированная, выполняется проволокой Св-08Г2С-О, в нижнем положении. Соединение тавровое типа Т1 с катетом 14 мм. показано на рисунке 3.1.

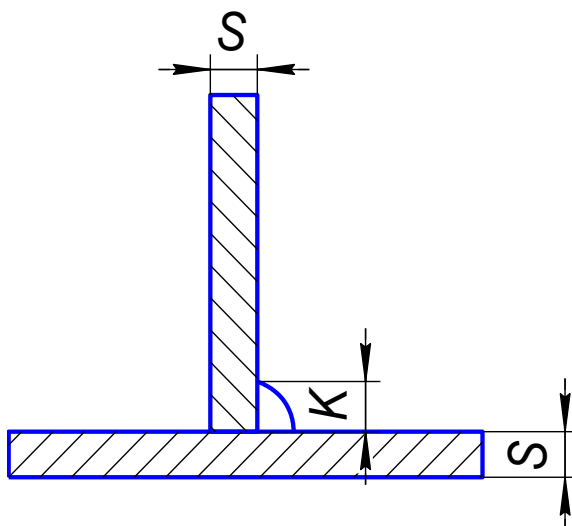


Рисунок 3.1 Соединение Т1- $\nabla 14$ по ГОСТ 14771 – 76 (S - толщина листа, K- катет)

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по известной площади наплавленного металла соответствующего прохода (корневого и заполняющего) [7]:

$$d_{ЭПi} = K_d \cdot F_{Hi}^{0,625}. \quad (3.8)$$

Коэффициент K_d выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации.

Ориентировочно площадь корневого и заполняющего проходов при нижнем положении шва принимаем $F_{HK}=20 \text{ мм}^2$ и $F_{H3}=40 \text{ мм}^2$.

Чтобы определить общее количество проходов, необходимо найти общую площадь наплавленного металла.

$$n_{по} = \frac{F_{HO} - F_{HK}}{F_{H3}} + 1 = \frac{126,6 - 20}{40} + 1 = 3,66. \quad (3.9)$$

Примем $n_{пр} = 4$.

Уточним площадь F_{H3} с учетом количества проходов:

$$F'_{H3} = \frac{F_{HO} - F_{HK}}{n_{по} - n_{ПК}} = \frac{126,6 - 20}{4 - 1} = 35,5 \text{ мм}^2, \quad (3.10)$$

Рассчитаем диаметр электродной проволоки для корневого $d_{ЭПК}$ и заполняющих $d_{ЭПЗ}$ проходов, при сварке $K_d=0,149 \dots 0,409$:

$$d_{ЭПК} = (0,149 \dots 0,409) \cdot F_{HK}^{0,625} = (0,149 \dots 0,409) \cdot 20^{0,625} = 0,97 \dots 2,66 \text{ мм}, \quad (3.11)$$

$$d_{ЭПЗ} = (0,149 \dots 0,409) \cdot F_{H3}^{0,625} = (0,149 \dots 0,409) \cdot 35,5^{0,625} = 1,388 \dots 3,81. \quad (3.12)$$

Примем стандартные значения диаметра сварочной проволоки:

$d_{ЭПК}=1,6 \text{ мм}$. и $d_{ЭПЗ}=1,6 \text{ мм}$.

Рассчитаем скорость сварки для корневого и заполняющего проходов [7]:

$$V_{СК} = \frac{8,9 \cdot d_{ЭПК}^2 + 50,6 \cdot d_{ЭПК}^{1,5}}{F_{HK}} = \frac{8,9 \cdot 1,6^2 + 50,6 \cdot 1,6^{1,5}}{20} = 6,26 \frac{\text{мм}}{\text{с}}, \quad (3.13)$$

$$V_{СЗ} = \frac{8,9 \cdot d_{ЭПЗ}^2 + 50,6 \cdot d_{ЭПЗ}^{1,5}}{F'_{H3}} = \frac{8,9 \cdot 1,6^2 + 50,6 \cdot 1,6^{1,5}}{35,5} = 3,52 \frac{\text{мм}}{\text{с}}, \quad (3.14)$$

Принимаем $V_{СК} = 6 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 21,6 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$, $V_{СЗ} = 3 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 10,8 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$.

При известных площадях наплавленного металла, диаметрах электродных проволок и скорости сварки рассчитаем скорости подачи электродной проволоки по формуле [7]:

$$V_{\text{ЭПК}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СК}} \cdot F_{\text{НК}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПК}}^2 \cdot (1 - \psi_p)} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 20}{\pi \cdot 1,6^2 \cdot (1 - 0,1)} = 66,3 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 239 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (3.15)$$

$$V_{\text{ЭПЗ}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СЗ}} \cdot F_{\text{НЗ}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПЗ}}^2 \cdot (1 - \psi_p)} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 35,5}{\pi \cdot 1,6^2 \cdot (1 - 0,1)} = 58,9 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 212 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (3.16)$$

Рассчитаем сварочный ток для корневого и заполняющего проходов при сварке на обратной полярности [7]:

$$I_{\text{СК}}^{0(+)} = d_{\text{ЭПК}} \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot d_{\text{ЭПК}} \cdot V_{\text{ЭПК}} + 145150} - 382 \right) =$$

$$= 1,6 \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot 1,6 \cdot 66,3 + 145150} - 382 \right) = 264 \text{ А}, \quad (3.17)$$

$$I_{\text{СЗ}}^{0(+)} = d_{\text{ЭПЗ}} \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot d_{\text{ЭПЗ}} \cdot V_{\text{ЭПЗ}} + 145150} - 382 \right) =$$

$$= 1,6 \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot 1,6 \cdot 58,9 + 145150} - 382 \right) = 238 \text{ А}. \quad (3.18)$$

Расчетное значение сварочного тока не выходит за пределы ограничений для нижнего положения $I_C \leq 510 \text{ А}$.

Определим напряжение сварки для корневого и заполняющего проходов [7]:

$$U_C = 14 + 0,05 \cdot I_C, \quad (3.19)$$

$$U_{\text{СК}} = 14 + 0,05 \cdot 264 = 27 \text{ В},$$

$$U_{\text{СЗ}} = 14 + 0,05 \cdot 238 = 26 \text{ В}.$$

Расход защитного газа $\text{Ar} + \text{CO}_2$ для соответствующих проходов [7]:

$$q_{\text{зг}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_C^{0,75}, \quad (3.20)$$

$$q_{\text{згк}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 264^{0,75} = 0,216 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 13 \frac{\text{л}}{\text{мин}},$$

$$q_{\text{згз}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 238^{0,75} = 0,2 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 12 \frac{\text{л}}{\text{мин}}.$$

На основании технологической инструкции по изготовлению сварных конструкций изделий горношахтного оборудования ТИ 406.25090.00054 инв. №2815 принимаем следующие режимы сварки:

- для корневых швов $I_{св} = 160 - 280 \text{ А}$, $U=18 - 28 \text{ В}$, расход газа 12-15 л/мин, вылет электродной проволоки 12-15 мм.
- для сварки больших толщин $I_{св}=280-320 \text{ А}$, $U=28-32 \text{ В}$, расход газа 15-17 л/мин, вылет электродной проволоки 18-22 мм [10].

Согласно инструкции [10] занесем режимы сварки в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Режимы сварки щита крепи механизированной [10]

№ шва	Тип шва	$d_{эп}$, мм	V_c , м/ч	I_c , А	U_c , В	l_b , мм	Расход газа, л/мин	N
1	T1 - $\nabla 14$	1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	4
2	T3 - $\nabla 10$	1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	2
3	T3 - $\nabla 12$	1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	3
4	T1 - $\nabla 12$	1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	3
5	H1- $\nabla 3$	1,6	20-22	150-180	27-29	19,2	12-16	1
6	T8	1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	3
7	Нест.	1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	6
8		1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	2
9		1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	6
10		1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	2
11		1,6	10-20	280-300	28-30	19,2	15-17	2

3.2 Технологический раздел

3.2.1 Технологический анализ выбранного производства

При разработке проекта в производстве изделия большое значение имеет определение целесообразных форм организации производственных процессов выпуска заданной продукции.

В зависимости от числа различных заданных видов изделий и повторяемости их изготовления может быть установлена принадлежность проектируемого цеха к определённому типу производства (единичное, мелкосерийное, крупносерийное, массовое). Однако не редко в одном цехе предусматривают организацию производства разных типов. Строгих границ между различными типами производств не существует.

Краткие характеристики перечисленных видов производств сводятся к следующему.

Единичное и мелкосерийное производство отличается большой и неустойчивой номенклатурой выпускаемых изделий. В производственном процессе применяют универсальное оборудование «переналаживаемую оснастку». Отсутствует закрепление заготовок и деталей за оборудованием. В основном используют общецеховой транспорт.

В серийном производстве номенклатура выпускаемых изделий ограничена и достаточно устойчива. Изготовление изделий производят периодически повторяющимися сериями на специализированных участках. Применяют универсальное оборудование. Характерно применение простой и комбинированной оснастки. Используют общецеховой и напольный транспорт.

В крупносерийном производстве номенклатура выпускаемых изделий весьма ограничена и устойчива. Изделия производят периодически повторяющимися крупными сериями на специализированных участках, механизированных переменного-поточных линиях. Применяют специализированное оборудование, специальные приспособления. Широко используют подвесной и напольный транспорт.

Массовое производство отличается весьма устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, включающей один (редко два или три) тип изделия в большом количестве. Изделия производят с постоянным ритмом потока на комплексно-механизированных и автоматических поточных линиях с применением специализированного межоперационного транспорта.

На основании вышеизложенных характеристик и данных справочной

литературы [11], учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет $N = 600$ штук, а масса щита крепи механизированной равна 434,37 кг, заключаем, что проектируемое сварочное производство относится к типу серийного.

3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции

Технологический процесс сборки и сварки щита крепи механизированной начинается с подбора деталей, входящих в сборочную единицу, согласно комплектовочной карте.

Изготовление щита крепи механизированной начинается со сборки-сварки листа поз. 1 и проушин поз. 5 и поз. 6 по две штуки между собой (операции 010 - 015). Далее производится дальнейшая обработка и сварка (операции 020 - 055). Затем производится слесарная обработка (операция 060). Все эти операции производятся на приспособлении сборочно-сварочном. Далее изделие отправляется на правку по отдельному техпроцессу (операция 065). Контроль осуществляются на плите слесарной (операция 070).

Подробно последовательность изготовления щита крепи механизированной приведена в технологическом процессе (Приложение В).

Сварная конструкция считается технологичной, если она сконпонована из такого количества элементов, с приданием им таких размеров и форм, применением таких видов и марок материалов и оборудования, оснастки и методов организации производства, которые при заданном объёме выпуска и полном выполнении эксплуатационных функций обеспечивают простое и экономичное изготовление конструкций, узлов и деталей, судят, прежде всего, по их себестоимости.

К технологичным изделиям обычно относятся конструкции с самой низкой себестоимостью, а сварные конструкции из большого числа металлоёмких элементов, изготовление которых известными способами и средствами невозможно, либо вызывает затруднение и усложнение

технологических операций, повышения трудоёмкости, увеличение производительности цикла и повышение себестоимости относят к нетехнологичным.

На стадии проектирования сварных конструкций уровень технологичности должен оцениваться по всей совокупности показателей, охватывающих заготовительную, обрабатывающую и сборочно-сварочную стадии производства.

Перечень показателей технологичности сварных конструкций устанавливается в зависимости от состава и характера факторов, к которым относятся: число и конструктивно-технологическая сложность элементов (заготовок, деталей, узлов), используемых при изготовлении сварной конструкции; уровень унификации, стандартизации и взаимозаменяемости элементов конструкции; степень соответствия размеров и форм готовых деталей; количество обрабатываемых поверхностей; требование к качеству обработки, к точности сборки под сварку; объём трудоёмких подгоночных операций; использование новых материалов.

Оценка технологичности.

Технологичность – совокупность свойств конструкции, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ [11].

Технологичность конструкции изделия может быть различной для разных типов производства и должна рассматриваться в комплексе с заготовительными операциями.

Для толщин от 3 до 6 мм используются механические способы резки, так как этот метод является наиболее целесообразным.

Использование прессы или гильотинных ножниц позволяет обеспечить достаточно хорошее качество кромок, что позволяет не применять дополнительной механической обработки для обеспечения необходимого качества кромок.

Использование стационарных листов, рациональное расположение деталей и заготовок на поверхности листа обеспечивает достаточно высокий коэффициент использования металла.

Применение сварочной оснастки позволяет до минимума сократить потери рабочего времени на установку и кантовку при сварке. Это позволяет снизить трудоёмкость и длительность производственного процесса.

3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

Весь технологический процесс представляет собой последовательность взаимосвязанных операций.

В предлагаемом варианте технологического процесса работы, сопряжённые с нагрузками, выполняются с использованием крана мостового.

Согласно базовому технологическому процессу при изготовлении щита крепи механизированной сварка ведется механизированным способом в среде смеси газов на импортном оборудовании «ESABMig» (500tw) и ESABFeed 30-4.

Заменим сварочное оборудование на отечественное менее дорогостоящее (БАРС Profi MIG-507DT2 с переносным механизмом подачи проволоки (МПП).

Предлагаемый технологический процесс сборки и сварки щита крепи механизированной выполняется механизированной сваркой в среде углекислого газа и аргона.

3.2.4 Нормирование операций

Техническое нормирование является основой правильной организации труда и заработной платы, а технические нормы времени - главным критерием при расчете потребного количества и загрузки оборудования и определения числа рабочих.

Норма штучного времени $T_{ш}$, мин. для всех видов дуговой сварки

определяется по формуле [12]:

$$T_{ш} = T_{н.ш-к} \cdot L + t_{ви}, \quad (3.21)$$

где $T_{н.ш-к}$ – неполное штучно-калькуляционное время, мин.,

L – длина свариваемого шва по чертежу, мм,

$t_{ви}$ – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования, мин.

Неполное штучно-калькуляционное время определяется по формуле:

$$T_{н.ш-к} = (T_o + t_{в.ш}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс.} + a_{отл.} + a_{п-з}}{100} \right), \quad (3.22)$$

где T_o – основное время сварки, мин;

$t_{в.ш}$ – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва, согласно литературе [12] составляет 0,75 мин;

$a_{обс.}$, $a_{отл.}$, $a_{п-з}$ – соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, подготовительно – заключительную работу, % к оперативному времени.

Для механизированной сварки в смеси газов плавящимся электродом сумма коэффициентов составляет 27%, [12].

Основное время для механизированной сварки в смеси газов определяется по формуле:

$$T_o = \frac{F_1 \cdot \gamma \cdot 60}{I_1 \cdot \alpha_n} + \frac{F_n \cdot \gamma \cdot 60}{I_n \cdot \alpha_n}, \quad (3.23)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм²;

I – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч);

n – количество проходов, шт.

Для примера рассчитаем норму времени сборки в операции 030, и механизированной сварки в смеси газов на выполнение швов №1 Т1- ▴14 (рисунок 3.2), №9 (нестандартный) и №8 (нестандартный) в операции 035.

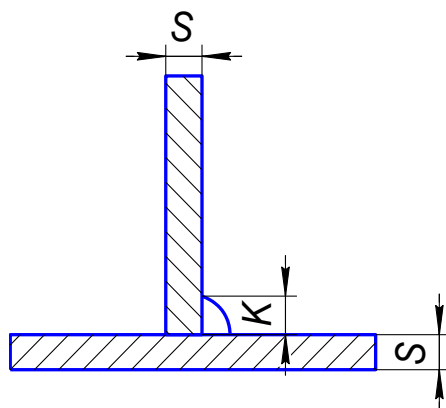


Рисунок 3.2 Соединение Т1- Δ 14 по ГОСТ 14771 - 76

Исходные данные:

- марка стали 14ХГ2САФД;
- марка электродной проволоки Св-08Г2С-О ГОСТ 2246 – 70;
- сварной шов №1 тавровый Т1 без разделки кромок, нестандартные №8 и №9 с разделкой кромок;
- швы по ГОСТ 14771-76 – №1 Т1- Δ 14, №9 (нест.) и № 8 (нест.);
- длины швов: 690; 50 и 726 мм;
- положение шва нижнее;
- площадь поперечного сечения наплавленного металла швов
 $F_1 = 126,6 \text{ мм}^2$; $F_2 = 220 \text{ мм}^2$; $F_3 = 67 \text{ мм}^2$;
- коэффициент наплавки для сварочной проволоки Св-08Г2С-О при механизированной сварке составляет $\alpha_n = 15 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$.

Определим время на операцию 030

1. Масса детали поз. 8,8 (2 шт.) $m_1 = 5,29 \text{ кг}$; установка изделия вручную на приспособление $t_1 = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ мин.}$;

$$t_{в.и} = 1,2 \text{ мин.}$$

Определим время на операцию 035

Найдем время на прихватку:

$$0,15 \cdot 10 = 1,5 \text{ мин.},$$

$$t_{в.и} = 1,5 \text{ мин.}$$

Найдем время на основное время сварки для шва №1, количество проходов $n = 4$ шт:

$$T_o = \frac{20 \cdot 7,85 \cdot 60}{280 \cdot 15} + \frac{35,5 \cdot 7,85 \cdot 60}{300 \cdot 15} \cdot 3 = 13,39 \text{ мин.}$$

Неполное штучно-калькуляционное время находим по формуле:

$$T_{\text{н.шт-к}} = (13,39 + 0,75) \cdot \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 17,96 \text{ мин.}$$

Найдем время на основное время сварки для шва №9, количество проходов $n=3$ шт:

$$T_o = \frac{20 \cdot 7,85 \cdot 60}{280 \cdot 15} + \frac{40 \cdot 7,85 \cdot 60}{300 \cdot 15} \cdot 2 = 23,18 \text{ мин.}$$

Неполное штучно-калькуляционное время находим по формуле:

$$T_{\text{н.шт-к}} = (23,18 + 0,75) \cdot \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 30,39 \text{ мин.}$$

Найдем время на основное время сварки для шва №8, количество проходов $n=3$ шт:

$$T_o = \frac{20 \cdot 7,85 \cdot 60}{280 \cdot 15} + \frac{47 \cdot 7,85 \cdot 60}{300 \cdot 15} \cdot 2 = 7,16 \text{ мин.}$$

Неполное штучно-калькуляционное время находим по формуле:

$$T_{\text{н.шт-к}} = (7,16 + 0,75) \cdot \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 10,05 \text{ мин.}$$

Определим норму штучного времени:

$$T_{\text{шт}} = 17,96 \cdot 0,69 + 30,39 \cdot 0,05 + 10,05 \cdot 0,726 + 1,5 = 22,71 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитаем другие операции. Данные расчетов сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 - Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления щита крепи механизированной

№ опер.	Базовый техпроцесс		Предлагаемый техпроцесс	
	Наименование операции	$T_{\text{шт}}$, мин.	Наименование операции	$T_{\text{шт}}$, мин.
1	2	3	4	5
005	Комплектовочная	-	Комплектовочная	-
010	Слесаро-сборочная	46,88	Слесарно-сборочная	21,68

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4	5
015	Сварочная	480,69	Сварочная	117,91
020	Слесарная	83,6	Слесарно-сборочная	1,42
025	Правка	-	Сварочная	24,83
030	Контроль	35,4	Слесарно-сборочная	1,2
035			Сварочная	22,71
040			Слесарно-сборочная	5,96
045			Сварочная	191,23
050			Слесарно-сборочная	10,28
055			Сварочная	124,01
060			Слесарная	83,6
065			Правка	-
070			Контроль	35,4
Итого		646,57		640,23

3.2.5 Выбор технологического оборудования

Рассчитанные параметры режима позволяют сформулировать требования к оборудованию для сварки данного сварного изделия. Основными критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить их следующие принципы:

1. Техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии;
2. Наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания;
3. Наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии при эксплуатации;
4. Наименьшие габаритные размеры оборудования;

5. Наименьшая масса;

6. Наименьшая сумма первоначальных затрат на приобретение и монтаж оборудования;

7. Минимальный срок окупаемости [9].

Исходя из соображений технологического, экономического и эксплуатационного характера было выбрано следующее сварочное оборудование:

Выбираем полуавтомат для дуговой сварки в смеси газов. Сварка ведется в закрытом помещении. Полуавтомат должен обеспечивать сварочный ток 280...320 А; диаметр проволоки 1,6 мм; скорость подачи электродной проволоки 234 м/ч...270 м/ч. Исходя из этих данных выбираем инверторный сварочный полуавтомат BAPC Profi MIG-507DT2 с переносным механизмом подачи проволоки (МПП) [13].

Достоинства сварочного полуавтомата BAPC Profi MIG-507DT2:

- два полноценных режима работы: полуавтоматическая сварка в защитном газе (MIG/MAG) и ручная дуговая сварка штучным электродом (MMA);
- надежный 4-х роликовый механизм подачи обеспечивает равномерную подачу проволоки и позволяет использовать горелки длиной до 5м;
- современная инверторная технология на базе IGBT транзисторов обеспечивает стабильность горения дуги, безотказное возбуждение, минимальное разбрызгивание и отличный перенос капли;
- цифровая индикация сварочного тока и напряжения;
- плавная регулировка сварочного тока в режиме MMA;
- плавная регулировка напряжения на дуге в режиме MIG/MAG;
- плавная регулировка индуктивности позволяет изменять «жесткость» дуги, глубину проплавления и степень разбрызгивания;
- функция заварки кратера (растяжка дуги) с отдельной регулировкой тока и напряжения угасания дуги;

- двухтактный (2Т) и четырехтактный (4Т) режимы сварки (короткие/длинные швы);
- режим тестовой подачи проволоки без включения нагрузки и газа;
- тестовая подача газа;
- минимальное энергопотребление на холостом ходу;
- питание 36В подогревателя CO₂;
- более компактный, легкий и экономичный по сравнению с «обычным» трансформаторным полуавтоматом;
- защита от перегрева и перегрузки.

Область применения сварочного полуавтомата БАРС Profi MIG-507DT2:

- полуавтоматическая дуговая сварка в условиях промышленного производства на предприятиях строительной сферы, машиностроения, судостроения, энергетики и т.д.

Сварочный полуавтомат БАРС Profi MIG-507DT2 предназначен для для сварки на постоянном токе в среде защитного газа (MIG/MAG) с применением сплошной или порошковой сварочной проволоки. Полуавтомат БАРС Profi MIG-507DT2 позволяет производить сварку малоуглеродистых и низколегированных сталей, алюминиевых сплавов, может использоваться для ручной дуговой сварки покрытыми штучными электродами (ММА).

Таблица 3.7 - Технические характеристики полуавтомата БАРС Profi MIG-507DT2 [13]

Наименование параметра	Значение
1	2
Напряжение питания, 50Гц, В	3х380 (±15%)
Номинальный ток, потребляемый от сети, А	34
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ%)	500 – 60% 380 – 100%
Диапазон регулирования сварочного тока, А в режиме ММА	10-500

Продолжение таблицы 3.7

1	2
Диапазон регулирования сварочного тока, А в режиме MIG/MAG	30-500
Диапазон регулирования рабочего напряжения, В, в режиме MIG/MAG	15,0-48,0
Напряжение холостого хода, В	75
Род сварочного тока	постоянный
Тип механизма подачи проволоки	переносной
Число ведущих роликов	4
Мощность двигателя механизма подачи, Вт	80
Охлаждение	принудительное
Диаметр сварочной проволоки, мм	1,0-1,6
Масса проволоки на кассете, кг, не более	18
Время продувки газа после сварки, с	1
Скорость подачи проволоки, м / мин	1,5-18
Коэффициент мощности	0,93
Габаритные размеры, мм	595x285x478
Масса (с МПП и тележкой), кг	73,0

3.2.6 Контроль технологических операций

Обеспечение высокого качества сварочных работ – наиболее важная проблема в области сварки.

Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надёжность и экономичность конструкции [14].

Дефекты сварных соединений – отклонения от заданных свойств, сплошности и формы шва, свойств и сплошности околошовной зоны, что приводит к нарушению прочности и других эксплуатационных характеристик

изделия.

Дефекты бывают наружные, внутренние и сквозные.

Дефекты формы и размеров шва:

- неполномерность швов;
- неравномерность шва;
- несимметричность шва;
- бугристость шва;
- грибовидность;
- боковые выплески металла;
- подрезы шва;
- наплывы;
- прожоги.

Дефекты, нарушающие сплошность сварных соединений:

- непровары;
- трещины;
- поры;
- шлаковые включения.

Дефекты могут быть допустимыми и недопустимыми. Вид и размер допустимых дефектов обычно указывается в технических условиях или стандартах на данный вид изделия.

Проверка качества сварки в готовом изделии производится внешним осмотром и измерением сварного шва. Внешним осмотром выявляют несоответствие шва геометрическим размерам, наплывы, подрезы, глубокие кратеры, прожоги, трещины, непровары, свищи и поры и т.д. [14].

Сварные соединения рассматриваются невооружённым глазом или с помощью лупы при хорошем освещении; обмер швов производят с помощью инструментов и шаблонов - катетометров.

Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними.

Сварка, как и другие процессы обработки металлов, вызывает возникновение в изделиях собственных напряжений.

В зависимости от причины, вызвавшей напряжения, различают:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температур при сварке;
- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений.
- в зависимости от времени существования:
 - временные - существующие лишь в определённый момент времени;
 - остаточные - остаются в изделии после исчезновения причины, их вызвавшей.

В зависимости от размеров области:

- напряжения первого рода, которые действуют и уравниваются в крупных объёмах, соизмеримых с размерами изделия или его основных частей;
- напряжения второго рода – уравниваются в микрообъёмах тела в пределах одного или нескольких зёрен металла;
- напряжения третьего рода – уравниваются в объёмах, соизмеримых с атомной решёткой.

Сварочные напряжения являются напряжениями первого рода.

По направлению действия напряжения и деформации различают:

- продольные (вдоль оси шва);
- поперечные (поперёк оси шва).

По виду напряжённого состояния:

- линейные (действующие в одном направлении);
- плоскостные (действующие в двух направлениях);
- объёмные (действующие в трёх направлениях).

В зависимости от изменения при сварке форм и размеров детали различают:

- деформации в плоскости – проявляются в изменении формы и размеров детали;
- деформации из плоскости – проявляются в образовании

поперечных или продольных волн, изломов и т.д.

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно расчленить на две основные группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений;
- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие возникших напряжений [14].

С целью предотвращения развития деформаций, обеспечения требуемых форм и точности сварных конструкций, проводятся различные мероприятия, начиная со стадии проектирования и кончая самим процессом изготовления сварного изделия:

- минимальная протяжённость сварных швов, минимальное сечение швов, удовлетворяющее расчётным условиям, что приводит к уменьшению остаточных деформаций и напряжений;
- симметричное расположение швов;
- оптимизация последовательности выполнения сборочно-сварочных работ;
- закрепление изделия в приспособлениях;
- прихватка деталей для исключения смещения их при сварке.

Эти меры в полной мере обеспечивают достаточно хорошее качество изделия. Применение каких-либо других способов борьбы с деформациями и напряжениями нецелесообразно, так как это ведёт к неоправданному удорожанию изделия.

При изготовлении щита крепи механизированной применяется визуальный способ контроля сварных швов. Данным способом контролируют исходные детали и готовую продукцию, обнаруживают отклонения формы деталей и изделий, изъяны металла, обработки поверхности и видимые дефекты сварных швов.

Преимущества визуального контроля:

- простота контроля;

- несложное оборудование;
- малая трудоемкость.

3.2.7 Разработка технической документации

Основное требование к технологии любой совокупности операций, выполняемых на отдельном рабочем месте, заключается в рациональной их последовательности с использованием необходимых приспособлений и оснастки.

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [15].

Разработка технологических процессов включает:

- расчленение изделия на сборочные единицы;
- установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;
- выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты:

- возможная наименьшая трудоёмкость;
- минимальная продолжительность производственного цикла;
- минимальное общее требуемое число рабочих;
- наилучшее использование производственного транспорта и вспомогательного оборудования;
- возможный наименьший расход производственной энергии.

Для удобного расположения всех записей и расчётных данных технологический процесс выполняют на особых бланках, называемых ведомостями технологического процесса, технологическими и

инструкционными картами.

Эти бланки после их заполнения составляют документацию разработки технологического процесса и должны содержать:

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии;
- название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов [12].

3.3 Конструкторская часть

3.3.1 Общая характеристика механического оборудования

Механизация и автоматизация производственного процесса изготовления сварных изделий представляет собой одну из основных задач современного сварочного производства, решение которой значительно повышает производительность труда.

Сборочные операции при изготовлении сварных конструкций имеют целью – обеспечение правильного взаимного расположения деталей собираемого изделия. Наиболее рационально для сборки использовать прижимы.

Специальное сборочное приспособление позволяет улучшить качество сборки. Применение при этом пневматических прижимов значительно сокращает вспомогательное время, особенно если требуется зажать изделие одновременно в нескольких местах.

В связи с тем, что изделие обладает значительной массой для кантовки и перемещения, используется кран мостовой грузоподъемностью 10 тонн.

3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса являются комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства. Специфическая особенность этого производства - резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно сварочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25-30 процентов общего объема сборочно - сварочных работ, остальные 70-75 процентов приходятся на долю сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью так называемого механического сварочного оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, их можно охарактеризовать цифрой 70-75 процентов всего комплекса цехового оборудования [16].

В данной выпускной квалификационной работе в предлагаемом технологическом процессе используется приспособление сборочно -сварочное (см. ФЮРА.00001.274.00.000 СБ).

3.3.3 Расчет элементов сборочно-сварочных приспособлений

В приспособлении ФЮРА.000001.274.00.000 СБ используются винтовые фиксаторы для крепежа сборочной единицы. Рассчитаем диаметр болта, входящего в состав приспособления.

Диаметры болтов определим по формуле [16]:

$$d_p = 1,3 \sqrt{\frac{P}{\sigma}}, \quad (3.24)$$

где P – усилие на болт, кгс/см².

$$d_p = 1,3 \sqrt{\frac{1700}{950}} = 1,74 \text{ см.}$$

Из конструктивных соображений, согласно ГОСТ 15608-70, принимаем $d_p = 18$ мм.

3.4 Пространственное расположение производственного процесса

3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [11].

Независимо от принадлежности к какой-либо разновидности сварочного производства сборочно-сварочные цехи могут включать следующие отделения и помещения:

- производственные отделения. Заготовительное отделение включает участки: правки и наметки металла, газопламенной обработки, станочной обработки, штамповочный, слесарно-механический, очистки металла. Сборочно-сварочное отделение, подразделяющееся обычно на узловую и общую сборку и сварку, с производственными участками сборки, сварки, наплавки, пайки, термообработки, механической обработки, испытания готовой продукции и исправления пороков, нанесения покрытий и отделки продукции;
- вспомогательные отделения: цеховой склад металла, промежуточный склад деталей и полуфабрикатов с участком их сортировки и комплектации, межоперационные складочные участки и места, склад готовой продукции цеха с контрольными и упаковочными подразделениями и

погрузочной площадкой; кладовые электродов, флюсов, баллонов с горючими и защитными газами, инструмента, приспособлений, запасных частей и вспомогательных материалов, мастерская изготовления шаблонов, ремонтная, отделение электромашинное, ацетиленовое, компрессорное, цеховые трансформаторные подстанции;

- административно - конторские и бытовые помещения: контора цеха, гардероб, уборные, умывальные, душевые, буфет, комната для отдыха и приема пищи, медпункт [11].

Проектируемый в составе завода самостоятельный сборочно-сварочный цех всегда является, с одной стороны, потребителем продукции заготовительных и обрабатывающих цехов и складов завода, а с другой стороны – поставщиком своей продукции для цехов окончательной отделки изделий и для общезаводского склада готовой продукции.

Таким образом, между проектируемым сборочно-сварочным цехом и другими цехами, сооружениями и устройствами завода существует определенная производственная связь, необходимая для облегчения нормального выполнения процесса изготовления заданной продукции по заводу в целом.

При проектировании как всего завода, так и его отдельных цехов необходимо стремиться к осуществлению прямопоточности всех производственных связей между отдельными цехами, к недопущению возвратных перемещений материалов и изделий.

3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха

Размещение цеха - всех его производственных отделений и участков, а также вспомогательных, административно-конторских и бытовых помещений должно по возможности полностью удовлетворять всем специфическим требованиям процессов, подлежащих выполнению в каждом из этих отделений.

Эти требования обуславливаются главным образом индивидуальными

особенностями заданных сварных конструкций и соответствующих рационально выбранных способов их изготовления; характерными особенностями типа производства и организационных форм его существования; степенью производственной связи основных отделений и участков с другими производственными и вспомогательными отделениями цеха [11].

Для проектируемого участка сборки и сварки щита крепи механизированной принимаем схему компоновки производственного процесса с продольным направлением производственного потока. Направление производственного потока на таком участке совпадает с направлением, заданным на плане цеха. Продольное перемещение обрабатываемого металла и изготавливаемых деталей, сборочных единиц и изделий выполняется кран – балкой, а поперечное (на складах) – автокарами либо краном мостовым.

3.4.3 Расчет основных элементов производства

3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования

Необходимое количество оборудования найдем по формуле [11]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{ш}}{60 \cdot F_d \cdot K_{вн}}, \quad (3.25)$$

где N – годовая производственная программа, шт., $N = 600$ шт.

$T_{ш}$ – трудоемкость определенной операции, мин.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч,
 $F_d = 3752$ ч.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм., $K_{вн} = 1,0$.

Определяем необходимое количество вспомогательных приспособлений, оборудования и рабочих и данные расчета сводим в таблицы 3.8, 3.9 и 3.10. Определение количества оборудования осуществляем путем округления расчетного количества оборудования C_p до целого числа в большую сторону.

Коэффициент загрузки оборудования определяем по формуле [11]:

$$K_{30} = C_p / C_{п} \cdot 100, \quad (3.26)$$

где C_p - расчетное количество оборудования, шт.;

$C_{п}$ - принятое количество оборудования, шт.

Таблица 3.8 – Количество вспомогательного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Номер операции	Наименование оборудования	$T_{ш}$, мин	C_p , шт	$C_{п}$, шт	K_{30} , %
Базовый технологический процесс					
010-020	Плита сборочная	611,17	1,63	2	81,4
030	Плита слесарная	35,4	0,09	1	9
Предлагаемый технологический процесс					
010-060	Приспособление сборочно-сварочное ФЮРА.000001.274.00.000 СБ	604,83	1,61	2	80,5
070	Плита слесарная	35,4	0,09	1	9

В соответствии с количеством рабочих мест принимаем для базового и принятого количество сварочного оборудования равным 2 шт. и заносим в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 - Количество сварочного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Технологический процесс	$C_{п}$, шт	K_{30}
Базовый	2	81,4
Предлагаемый	2	80,5

3.4.3.2 Определение состава и численности работающих

Определим необходимое количество основных рабочих. Основными считаются те рабочие, которые заняты выполнением операций технологического процесса по изготовлению продукции. Количество основных

рабочих – списочное и явочное определяется по формуле [15]:

$$P_{\text{сп}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.27)$$

$$P_{\text{яв}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{н}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.28)$$

где N – годовая программа выпуска изделия, шт.; $N = 600$ шт.

$T_{\text{шт}}$ - трудоемкость технологического процесса, мин.;

$F_{\text{д}}$ – действительный фонд рабочего времени, ч $F_{\text{д}} = 1734$ ч.;

$F_{\text{н}}$ - номинальный фонд рабочего времени, ч; $F_{\text{н}} = 1976$ ч.;

$K_{\text{вн}}$ - коэффициент выполнения норм.

Численность основных рабочих рассчитывается для двухсменного режима работы. Затем полученное число рабочих распределяют по сменам и по операциям технологического процесса в зависимости от загрузки оборудования на этих операциях.

Расчетная величина численности основных рабочих получается дробной, поэтому ее округляют до целого числа в большую сторону и называют принятой $P_{\text{п}}$.

Численность вспомогательных рабочих рассчитывается в процентах от основных рабочих по формуле [15]:

$$P_{\text{всп}} = P_{\text{сп}} \cdot \Pi / 100, \quad (3.29)$$

где $P_{\text{сп}}$ - принятое списочное число основных рабочих, чел.;

Π – процент вспомогательных рабочих, $\Pi = 25\%$.

Численность инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала определяем по формуле [15]:

$$P_{\text{итр}} = (P_{\text{сп}} + P_{\text{всп}}) \times \Pi / 100, \quad (3.30)$$

где Π для ИТР – 8%, МОП – 2%, контролеры – 1%.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Количество рабочих на участке

Вариант технологического процесса	Базовый	Предлагаемый
Трудоемкость $T_{ш}$, мин.	646,57	640,23
Расчетное/принятое списочное число основных рабочих $P_{сп}$ и $P_{п}$, чел.	3,73/4	3,69/4
Расчетное/принятое явочное число основных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	3,27/4	3,24/4
Расчетное/принятое число вспомогательных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	1/1	1/1
Расчетная/принятая численность ИТР, чел.	0,4/1	0,4/1
Расчетная/принятая численность МОП, чел.	0,1/1	0,1/1
Расчетная/принятая численность контролеров, чел.	0,05/1	0,05/1

Определяем коэффициент сменности по формуле [11]:

$$k_p = P_{яв} / P_{яв1}, \quad (3.31)$$

где k_p - коэффициент сменности,

$P_{яв1}$ - число рабочих в первую смену, чел.

Для базового технологического процесса:

$$k_p = 4/2 = 2.$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$k_p = 4/2 = 2.$$

3.4.4 Планировка заготовительных отделений

Заготовительные отделения сборочно-сварочного цеха обычно располагают в продольных пролетах. При этом они либо служат продолжением продольных пролетов сборочно-сварочных отделений, либо располагаются параллельно этим пролетам.

Заготовительные отделения для данной компоновки, когда пролеты сборочно-сварочного и заготовительного отделений составляют продолжения

один другого, планируют в следующем порядке:

- из общего количества различных сортов металла, подлежащего обработке в заготовительном отделении, выделяют группы сходных сортов металлов, поддающихся обработке на одинаковых группах станков;
- общее количество станков различных типоразмеров подразделяют на количество групп, равное установленному выше количеству групп подлежащих обработке сортов металлов;
- количество групп станочного оборудования, полученное на основе описанных выше данных, размещают в пролетах заготовительного отделения, число которых равно установленному ранее числу пролетов сборочно-сварочного отделения [11].

Если при планировке заготовительного отделения требуемое число пролетов последнего получается меньше установленного количества пролетов для сборочно-сварочного отделения, площадь, остающаяся в пролетах, не занятых заготовительным отделением, используют для размещения различных вспомогательных производств и помещений (мастерских – инструментальной, ремонтной) [11].

3.4.5 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков

При разработке плана отделений узловой и общей сборки и сварки основным является определение требуемого числа пролетов и необходимых размеров каждого из них – длины, ширины, высоты. Эти параметры, принятые приблизительно при составлении компоновочной схемы цеха, подлежат уточнению в процессе подробной разработки технологического плана с учетом рекомендуемых размеров пролетов по нормам технологического проектирования.

При детальном проектировании основным методом уточнения указанных параметров плана отделений сборки и сварки служит последовательное (по ходу выполнения технологического процесса)

размещения на плане принятого по расчету количества оборудования, сборочно-сварочных стендов и других рабочих мест. При этом стремятся не только обеспечить прямоточность производства, но также достигнуть наилучшего использования грузоподъемности транспортных средств.

В схеме компоновки цеха с продольным направлением производственного потока процессы как узловой, так и общей сборки, и сварки каждого изделия расположены в одних и тех же продольных пролетах, специализация которых осуществляется по производству отдельных типов заданных для изготовления изделий. В связи с этим для рассматриваемой схемы планировки цеха необходимое число пролетов зависит от количественного соотношения заданных к производству изделий разных типов. В таком случае требуемое число пролетов можно приближенно оценить на основе их специализации с уточнением его в процессе последующего размещения оборудования и рабочих мест на плане проектируемого цеха [11].

После проведения всех подсчетов и установления на основе указанных выше соображений рационального взаимного расположения продольных пролетов приступают к нанесению на бумагу в принятом масштабе сетки колонн проектируемого цеха и к размещению в его пролетах оборудования и рабочих мест.

Планировку элементов производства в каждом пролете сборочно-сварочных отделений выполняют сообразно с последовательностью работ, указанной в ранее разработанной карте технологического процесса.

Одновременно с вычерчиванием габаритов рабочих мест в проходах, вокруг последних указывают также размещение рабочих.

3.4.6 Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса

Результаты разработки и внедрения в проект сборочно-сварочного участка изготовления щита крепи механизированной комплексной механизации

и автоматизации оценивают особыми показателями, определяющими достигнутые степень и уровень механизации и автоматизации предусмотренных работ по изготовлению заданных к выпуску изделий.

Прежде всего, всякая замена ручного труда работой механизмов, машин и автоматов является механизацией и автоматизацией производственных процессов.

Однако машины и автоматы бывают разные. Одни из них могут представлять собой менее или более прогрессивную технологию изготовления изделий и, следовательно, отличаться меньшей или большей производительностью, чем другие. Поэтому, наряду с определением количественного охвата всех работ механизацией и автоматизацией необходимо определять ее качественный уровень.

Количественный уровень (степень) механизации выражают в процентах и вычисляют по формуле [11]:

$$C_m = \frac{k \cdot T_m}{T_{\text{нм}} + k T_m} \cdot 100\% , \quad (3.32)$$

где T_m – трудоемкость работ, выполняемых механизированным способом, мин.,
 $T_m = 604,83$ мин.;

$T_{\text{нм}}$ – трудоемкость работ, выполняемых немеханизированным способом,
 $T_{\text{нм}} = 35,4$ мин.;

k – коэффициент повышения производительности труда на данном участке,
 $k = 2$ [11].

$$C_m = \frac{2 \cdot 604,83}{35,4 + 2 \cdot 604,83} \cdot 100 = 97,2 \, \% .$$

Качественный уровень механизации производственного процесса можно определить по формуле [11]:

$$Y_m = C_m (1 - 1/k) = 97,2 (1 - 1/2) = 48,6\% . \quad (3.33)$$

3.4.7 Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений

При каждом сборочно-сварочном цехе либо в отдельном здании вблизи цеха должны быть предусмотрены административно-конторские и бытовые помещения.

Правила проектирования административно-конторских и бытовых помещений изложены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий». Перечень этих помещений, а также расчетные нормы требуемой площади для данного участка сборки и сварки щита крепи механизированной представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Планировка административно-конторских и бытовых помещений

Помещения	Расчетная единица	Условия для определения требуемого количества расчетных единиц	Площадь, м ²	
			Полезная	Общая
1	2	3	4	5
Контора цеха	Рабочее место	Один стол на каждого сотрудника	-	4x3 м
Гардеробные	Индивидуальный шкаф 0,35x0,5 м	Один шкаф на каждого работающего по списочному составу	0,18	0,43x15 м
Уборные	Кабина 1,2x0,9 м	При максим. явочном числе работающих в смену до 20 чел.	1,08	3,06x8
	Шлюз (тамбур)		-	6,8 м

Продолжение таблицы 3.11

Душевые	Кабина 0,9х0,9 м	Одна кабина на каждые 10 явочных рабочих	0,81	1,62х2 м
	Место для переодеван ия 0,7х0,5 м	Три места на каждую кабину	0,35	1х6 м
	Тамбур	Между душевой и раздевальной один тамбур	-	4
Помещения для приема пищи	Комната	1 м ² /чел. По явочному составу	-	1х8 м

Все бытовые и административно-конторские помещения цеха часто размещают в особой пристройке к основной производственной части здания цеха. Местоположение и общую компоновку этой пристройки с остальной частью здания цеха выбирают таким образом, чтобы при увеличении масштабов производства бытовые помещения не могли служить препятствием для расширения производственной части здания.

В целях сокращения пути, который должен проходить рабочий, гардеробные следует располагать как можно ближе к входам в цех. В непосредственной близости от них должны быть расположены уборные, умывальные и душевые.

В целях осуществления санитарно-гигиенических требований эксплуатации бытовых помещений помещения для принятия пищи рекомендуется располагать на достаточно большом расстоянии от места расположения уборных [17].

4.1 Финансирование проекта и маркетинг

Маркетинг - это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления ценностей покупателям и управления взаимоотношениями с ними с выгодой для организации. В широком смысле задачи маркетинга состоят в определении и удовлетворении человеческих и общественных потребностей.

Финансирование проекта осуществляется на 50% за счет заказчика, а 50% берет предприятие в банке. Погашение кредита будет осуществляться в соответствии с графиком утвержденным банком, выдавшим кредит с учетом процентной ставки банка. Окончательный расчет с банком осуществляется после сдачи оговоренной партии изделия заказчику, и окончательного расчета заказчика с предприятием.

4.2 Сравнительный экономический анализ вариантов

Разработка технологического процесса изготовления щита крепи механизированной ФЮРА.0МКЮ.2Ш.274.00.000 СБ допускает различные варианты решения.

Щит ФЮРА.0МКЮ.2Ш.274.00.000 СБ входит в состав крепи механизированной МКЮ.2Ш. Крепь механизированная поддерживающе-оградительного типа, предназначена для механизации крепления призабойного пространства, поддержания и управления кровлей, включая тяжелые по проявлению горного давления передвижки забойного конвейера при ведении очистных работ на пологих и наклонных пластах.

Крепь механизированная МКЮ.2Ш является конкурентноспособной, конкурентами предприятия являются предприятия таких стран как: Китай, Польша, также выпускающих горношахтное оборудование.

Существует базовый вариант изготовления щита крепи механизированной, который используется на ООО «Юргинский машзавод».

При замене базового варианта технологического процесса сборки и сварки на разработанный, необходимо обосновать экономическую эффективность, достигнутую при внедрении предлагаемого варианта.

Наиболее экономически целесообразным считается тот вариант, который при наименьших затратах обеспечивает выполнение заданной годовой программы выпуска продукции.

Показатель приведенных затрат является обобщающим показателем. В нем находят отражение большинство достоинств и недостатков каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса.

Определение приведенных затрат производят по формуле [18]:

$$Z_{\text{п}} = C + E_{\text{н}} \cdot K, \quad (4.1)$$

где C - себестоимость единицы продукции, руб/год;

$E_{\text{н}}$ - норма эффективности дополнительных капиталовложений, руб/год;

K - капиталовложения, руб/год.

Согласно базовому технологическому процессу сборочные и сварочные операции при изготовлении щита крепи механизированной производятся на плите с устанавливаемыми винтовыми зажимами. Это приводит к увеличению расхода материалов и времени сварки, сборки и слесарной обработки.

Швы выполняются в смеси газов, в качестве сварочного оборудования используется дорогостоящее импортное оборудование фирмы ESAB.

В предлагаемом технологическом процессе применим сборочно-сварочное приспособление с винтовыми прижимами.

Для данного вида сварки применим современное российское сварочное оборудование, которым заменим также дорогостоящее оборудование фирмы ESAB.

Проведем технико-экономический анализ сравнения базового и предлагаемого вариантов. Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления щита крепи механизированной приведены в таблице 3.6.

4.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капитальные вложения в оборудование найдем по формуле [18]:

$$K_{co} = \sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi}, \quad (4.2)$$

где C_{oi} - оптовая цена единицы оборудования i -го типоразмера с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

O_i - количество оборудования i -го типоразмера, ед;

μ_{oi} - коэффициент загрузки оборудования i -го типоразмера.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2017 (смотри таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [19, 20]

Наименование оборудования		Цо, руб
Базовый технологический процесс		
«ESABMig» (500tw)	2 шт.	298922
ESABFeed 30-4	2 шт.	
Предлагаемый технологический процесс		
БАРС Profi MIG-507DT2	2 шт.	154200

Капитальные вложения в сварочное оборудование смотри в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования		К _{со} , руб.·год
Базовый технологический процесс		
«ESABMig» (500tw)	2 шт.	486645
ESABFeed 30-4	2 шт.	
Предлагаемый технологический процесс		
БАРС Profi MIG-507DT2	2 шт.	248262

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [18]:

$$K_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^m K_{\text{пр}j} \cdot P_j \cdot \mu_{\text{п}j}, \quad (4.3)$$

где $K_{\text{пр}j}$ - оптовая цена единицы приспособления j -го типоразмера, руб.;

P_j - количество приспособлений j -го типоразмера, ед.;

$\mu_{\text{п}j}$ - коэффициент загрузки j -го приспособления.

Капитальные вложения в приспособления приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Капитальные вложения в приспособления

Наименование оборудования	К _{прj} , руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		П _j , шт	К _{пр} , руб/ед.год	П _j , шт	К _{пр} , руб/ед.год
Плита сборочная	110000	2	162800	-	-
Приспособление сборочно - сварочное ФЮРА.000001.274.00.000СБ	134000	-	-	2	215740
Плита слесарная	110000	1	6600	1	6600
ИТОГО			169400		222340

4.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями

Капитальные вложения в здание определяется по формуле [21]:

$$K_{зд} = \sum_{i=1}^n S_{oi} \cdot h \cdot k_B \cdot \mu_{oi} \cdot \Pi_{зд}, \text{ руб.}, \quad (4.4)$$

где S_{oi} - площадь, занимаемая единицей оборудования, $\text{м}^2/\text{ед.}$

Для базового технологического процесса: $S_{o1}=6 \text{ м}^2$, $S_{o2}=6 \text{ м}^2$ и $S_{o3}=9,76\text{м}^2$.

Для предлагаемого технологического процесса: $S_{o1}=2,72 \text{ м}^2$, $S_{o2}=6 \text{ м}^2$ и $S_{o3}=9,76\text{м}^2$, (площадь уменьшена за счет замены стандартной слесарно-сборочной плиты одним поворотным столом);

h - высота производственного здания, м, $h = 12 \text{ м}$ [18];

k_B - 1,75...3,00 - коэффициент, учитывающий вспомогательную площадь проходов, проездов и хранения деталей (меньшие значения относятся к крупногабаритным изделиям);

$\Pi_{зд}$ - стоимость 1м^3 здания на 01.01.2017 для цеха № 14 составляет, $\Pi_{зд}=94 \text{ руб}/\text{м}^3$.

$$K_{зДБ} = (6 \cdot 2 + 6 + 9,76 \cdot 2) \cdot 12 \cdot 2,698 \cdot 81,4 \cdot 94 = 107882 \text{ руб.},$$

$$K_{зДП} = (2,72 \cdot 2 + 6 + 9,76 \cdot 2) \cdot 12 \cdot 2,698 \cdot 81,4 \cdot 94 = 94222 \text{ руб.}$$

Определяем капитальные вложения в здание, и результаты заносим в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Капитальные вложения в здание, занимаемое оборудованием

Наименование оборудования	$K_{зд}$, руб.
Базовый технологический процесс	
«ESABMig» (500tw) ESABFeed 30-4	107882
Предлагаемый технологический процесс	
BAPC Profi MIG-507DT2	94222

4.2.3 Определение затрат на основные материалы

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле [18]:

$$C_m = m_m \cdot k_{т.з.} \cdot C_m, \text{ руб./изд.}, \quad (4.5)$$

где m_m – норма расхода материала на одно изделие, кг;

C_m – средняя оптовая цена сталей 14ХГ2САФД на 01.01.2017, руб./кг:

- для стали 14ХГ2САФД $C_m=40,63$ руб./кг, при $m_m=448 \cdot 1,3=582,4$ кг;

$k_{т.з.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов $k_{т.з.}=1,04$ [12].

Коэффициент потерь материала на отходы составляет 1,3.

$$C_m = 1,04 \cdot (582,4 \cdot 40,63) = 24609,43 \text{ руб/изд.}$$

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [18]:

$$C_{п.с.} = \sum_{d=1}^h G_d \cdot k_{nd} \cdot C_{п.с.}, \text{ руб/изд.}, \quad (4.6)$$

где G_d – масса наплавленного металла электродной проволоки и электродов, кг:

$G_d = 19,378$ кг – для проволоки Св-08Г2С-О для базового технологического процесса;

$G_d = 19,378$ кг – для проволоки Св-08Г2С-О для предлагаемого технологического процесса;

k_{nd} – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки [18],
 $k_{nd} = 1,02$ [18];

$C_{п.с.} = 78,8$ – стоимость сварочной проволоки Св-08Г2С-О, руб/кг по данным ООО «Юргинский машиностроительный завод» на 01.01.2017.

$$C_{п.сбаз.} = 19,378 \cdot 1,02 \cdot 78,8 = 1557,53 \text{ руб./изд.},$$

$$C_{п.спредл.} = 19,378 \cdot 1,02 \cdot 78,8 = 1557,53 \text{ руб./изд.}$$

4.2.4 Определение затрат на вспомогательные материалы

Затраты на защитную смесь газов определяем по формуле [7]:

$$C_{з. г.} = g_{з. г.} \cdot k_{т.п.} \cdot \Pi_{г.з.} \cdot T_0, \text{ руб./изд.}, \quad (4.7)$$

где $g_{з. г.}$ - расход смеси, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$k_{т.п.}$ - коэффициент, учитывающий тип производства, $k_{т.п.} = 1,15$ [18];

$\Pi_{г.з.}$ - стоимость смеси, м^3 , $\Pi_{г.з.} = 62,42 \text{ руб./м}^3$;

T_0 - основное время сварки в смеси газов, ч., $T_0 = 8,11$ ч. - для базового варианта, $T_0 = 8,11$ ч. - для предлагаемого варианта.

Для данного технологического процесса $g_{з. г.} = 1,02 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для базового технологического процесса:

$$C_{з. г.} = 1,02 \cdot 1,15 \cdot 62,42 \cdot 8,11 = 593,86 \text{ руб./изд.}$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{з. г.} = 1,02 \cdot 1,15 \cdot 62,42 \cdot 8,11 = 593,86 \text{ руб./изд.}$$

4.2.5 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.сд} = (ТС \cdot \Sigma T_{ш}) \cdot K_d \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot [1 + (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)/100], \quad (4.8)$$

где ТС- тарифная ставка на 01.01.2017, руб., ТС– 62,01 руб.;

K_d -коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, $K_d = 1,15$;

$K_{пр}$ - коэффициент, учитывающий процент премии, $K_{пр} = 1,5$;

$K_{рай}$ - районный коэффициент, $K_{рай} = 1,3$;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая-32,8.

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих по базовому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = (62,01 \cdot 10,76) \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot (1 + 32,8/100) = 1990,02 \text{ руб./изд.}$$

Заработная плата основных производственных рабочих по предлагаемому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = (62,01 \cdot 10,67) \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot (1 + 32,8/100) = 1970,5 \text{ руб./изд.}$$

4.2.6 Определение затрат на силовую электроэнергию

Расход технологической электроэнергии найдем по формуле [7]:

$$W_{тэ} = \sum \frac{U_{ci} \cdot I_{ci} \cdot t_{ci}}{\eta_u} + P_x \cdot \left(\frac{T_o}{K_u} - T_o \right), \quad (4.9)$$

где U_c и I_c - электрические параметры режима сварки;

T_o - основное время сварки;

η_u - КПД оборудования, для базового технологического процесса: $\eta = 0,88$,
для предлагаемого технологического процесса: $\eta = 0,86$;

P_x - мощность холостого хода источника, $P_x = 0,4$ Вт;

K_u - коэффициент, учитывающий простой оборудования, $K_u = 0,5$;

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле [7]:

$$C_{э.с.} = W_{тэ} \cdot C_э, \quad (4.10)$$

где $C_э$ - средняя стоимость электроэнергии по данным ООО «Юргинский машиностроительный завод», $C_э = 1,48$ руб.

Затраты на электроэнергию по базовому технологическому процессу:

$$C_{э.с.} = 122,58 \text{ руб./изд.}$$

Затраты на электроэнергию по предлагаемому технологическому

процессу: $C_{э.с.} = 125,47$ руб./изд.

4.2.7 Определение затрат на сжатый воздух

Затраты на сжатый воздух определяется по формуле [18]:

$$C_{возд} = g_{возд}^{\text{ЭН}} \cdot k_{тп} \cdot C_{возд}, \text{ руб./изд.}, \quad (4.11)$$

где $g_{возд}^{\text{ЭН}}$ - расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$k_{тп}$ - коэффициент, учитывающий тип производства, $k_{тп} = 1,15$.

Для изготовления одного щита расход воздуха составляет:

$$g_{возд}^{\text{ЭН}} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч.};$$

$$C_{возд} = 0,25443 \text{ руб/м}^3, \text{ стоимость воздуха на 01.01.2017 г.};$$

$$C_{\text{возд пр}} = 1,2 \cdot 1,15 \cdot 0,25443 = 0,25 \text{ руб./изд.}$$

4.2.8 Определение затрат на амортизацию оборудования

Определяются по формуле [18]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n \frac{C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot a_i \cdot r_i}{N_r}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.12)$$

где a_i - норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования i -го типоразмера, % [18];

r_i - коэффициент затрат на ремонт оборудования, $r_i = 1,15 \dots 1,20$.

Амортизация оборудования приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Амортизация оборудования

Наименование оборудования	Вариант технологического процесса			
	Базовый		Предлагаемый	
	a_i , %	C_3 , руб/изд.	a_i , %	C_3 , руб/изд.
«ESABMig» (500tw) ESABFeed 30-4	19,4	18,88		-
BAPC Profi MIG-507DT2		-	19,4	9,63

4.2.9 Определение затрат на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений определяются по формуле [18]:

$$C_u = \sum_{j=q}^m \frac{K_{прj} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{nj} \cdot a_j}{N_r}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.13)$$

где a_j - норма амортизационных отчислений для оснастки j -го типоразмера, $a_j=0,15$ [18];

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.6

Таблица 4.6 – Затраты на амортизацию приспособлений

Наименование оборудования	Ц _{пр} , руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		П _ж , шт.	С _и , руб/изд.	П _ж , шт.	С _и , руб/изд.
Плита сборочная	110000	2	40,7	-	-
Приспособление сборочно - сварочное ФЮРА.000001.274.00.000СБ	134000	-	-	2	53,93
Плита слесарная	110000	1	1,65	1	1,65
ИТОГО			42,35		55,58

4.2.10 Определение затрат на ремонт оборудования

Затраты на ремонт оборудования определяем по формуле [18]:

$$C_p = \frac{R_m \cdot \omega_m + R_{\text{э}} \cdot \omega_{\text{э}}}{T_{\text{рц}}} \cdot \sum \frac{T_{\text{ш}}}{K_{\text{вн}} \cdot 60}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.14)$$

где R_m $R_{\text{э}}$ - группа ремонтной сложности единицы оборудования соответственно: механической и электрической части $R_m = 0$ [18];

ω - затраты на все виды ремонта;

$T_{\text{рц}}$ - длительность ремонтного цикла, $T_{\text{рц}} = 8000$ ч. [18].

Определение затраты на ремонт сводятся в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Затраты на ремонт оборудования

Наименование оборудования	R _э	ω _э	T, ч	C _р , руб/изд.
Базовый технологический процесс				
«ESABMig» (500tw) ESABFeed 30-4	8	1849,5	10,6	0,27
Итого:				0,27
Предлагаемый технологический процесс				
БАРС PROFI MIG-507DT2	7	1096	10,48	0,14
Итого:				0,14

4.2.11 Определение затрат на содержание помещения

Определение затрат на содержание здания определяется по формуле [18]:

$$C_{\pi} = \frac{S \cdot \mu_{oi} \cdot \Pi_{\text{ср.зд}}}{N_{\Gamma}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.15)$$

где S – площадь сварочного участка, м², S = 95,64 м² - для базового варианта, S = 83,53 м² - для предлагаемого варианта;

Π_{ср.зд} - среднегодовые расходы на содержание 1 м² рабочей площади, руб./год. м², Π_{ср.зд} = 250 руб./год. м².

Затраты на содержание здания по базовому технологическому процессу:

$$C_{\pi} = \frac{95,64 \cdot 1 \cdot 250}{600} = 39,85 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

По предлагаемому варианту:

$$C_{\pi} = \frac{83,53 \cdot 1 \cdot 250}{600} = 34,8 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

4.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим количество приведенных затрат по формуле:

$$З_{\pi} = C + \epsilon'_n \cdot K, \quad (4.16)$$

где C - себестоимость единицы продукции, руб./год.;

ϵ'_n - норма эффективности дополнительных капитальных затрат,
 $\epsilon'_n = 0,15$ руб./год [18];

K - удельные капитальные вложения, руб./год.

Себестоимость продукции за год определяется по формуле:

$$C = N_{\Gamma} \cdot (C_{\text{м}} + C_{\text{в.м.}} + C_{\text{зп.сд.}} + C_{\text{эс}} + C_{\text{возд}} + C_{\text{з}} + C_{\text{и}} + C_{\text{р}} + C_{\text{п}}), \quad (4.17)$$

где $C_{\text{м}}$ - затраты на основной материал, руб.;

$C_{\text{вм}}$ - затраты на вспомогательные материалы, руб.;

$C_{\text{зп.сд}}$ - затраты на заработную плату основных рабочих, руб.;

$C_{\text{э.с}}$ - затраты на силовую электроэнергию, руб.;

$C_{\text{возд}}$ - затраты на сжатый воздух, руб.;

$C_{\text{з}}$ - затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{\text{и}}$ - затраты на амортизацию приспособлений, руб.;

$C_{\text{р}}$ - затраты на ремонт оборудования, руб.;

$C_{\text{п}}$ - затраты на содержание помещения, руб.

Капитальные вложения находим по формуле:

$$K = K_{\text{со}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{зд}}. \quad (4.18)$$

Определим количество приведенных затрат по базовому технологическому процессу:

$$K = 486645 + 169400 + 107882 = 763927 \text{ руб./год},$$

$$C = 600 \cdot (24609,43 + 1557,53 + 593,86 + 1990,02 + 122,58 + 0,35 + 18,88 + 42,35 + 0,27 + 39,85) = 17385077,15 \text{ руб./изд. год},$$

$$З_{\pi}^1 = 17385077,15 + 0,15 \cdot 763927 = 17499666,19 \text{ руб./год}.$$

Определим количество приведенных затрат по предлагаемому технологическому процессу:

$$K = 248262 + 222340 + 94222 = 564824 \text{ руб./год},$$

$$C = 600 \cdot (24609,43 + 1557,53 + 593,86 + 1970,5 + 125,47 + 0,35 + 9,63 + 55,58 + 0,14 + 34,8) = 17374382,84 \text{ руб./изд. год},$$

$$З_{\pi}^2 = 17374382,84 + 0,15 \cdot 564824 = 17459106,41 \text{ руб./год}.$$

Рассчитаем величину экономического эффекта по формуле:

$$\Xi = Z_{\text{п}}^1 - Z_{\text{п}}^2, \quad (4.19)$$

$$\Xi = (Z_{\text{п}}^1 - Z_{\text{п}}^2) / N_{\text{г}}. \quad (4.20)$$

Величина экономического эффекта от выпуска годовой производственной программы:

$$\Xi = 17499666,19 - 17459106,41 = 40559,77 \text{ руб./год.}$$

Величина экономического эффекта на единицу изделия составит:

$$\Xi = (17499666,19 - 17459106,41) / 600 = 67,6 \text{ руб./изд.}$$

Результаты расчетов показали, что предлагаемый технологический процесс изготовления корпуса дает положительный экономический эффект.

4.4 Основные технико-экономические показатели участка

1. Годовая производственная программа, шт.	600
2. Средний коэффициент загрузки оборудования	80,5
3. Производственная площадь участка, м ²	83,53
4. Количество оборудования, шт	2
5. Списочное количество рабочих, чел.	4
6. Явочное количество рабочих, чел	4
7. Количество рабочих в первую смену, чел	2
8. Количество ИТР	1
9. Количество МОП	1
10. Количество контролеров	1
11. Разряд основных производственных рабочих	4
12. Экономический эффект от внедрения нового технологического процесса, руб./год.	40559,77

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места

На участке производится сборка и сварка щита крепи механизированной МКЮ.2Ш.79.05. При изготовлении щита крепи механизированной осуществляются следующие операции: сборка, механизированная сварка в среде углекислого газа и аргона, слесарные операции.

При изготовлении щита на участке используется следующее оборудование:

- полуавтомат BAPC PROFI MIG-507DT2. 2 шт.
- приспособление сборочно-сварочное
ФЮРА.000001.274.00.000 СБ 2 шт.
- плита слесарная 1 шт.

Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью 10 т.

Изготавливаемое изделие, щит, он входит в состав крепи механизированной МКЮ.2Ш. Крепь механизированная поддерживающе-оградительного типа, предназначена для механизации крепления призабойного пространства, поддержания и управления кровлей, включая тяжелые по проявлению горного давления, передвижки забойного конвейера при ведении очистных работ на пологих и наклонных пластах. Масса щита крепи механизированной составляет 434,37 кг.

В качестве материала этих деталей используют сталь марки 14ХГ2САФД. Сварка производится в смеси Ar (82 %) + CO₂ (18 %) сварочной проволокой Св-08Г2С-О диаметром 1,6 мм.

Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также девятью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в

светлые тона.

Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2шт.) автомобильным транспортом, также через одни ворота проложено железнодорожное полотно, т.е. имеется возможность доставки и вывоза грузов железнодорожным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью $S = 83,53 \text{ м}^2$.

5.2. Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профдеятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- положений «Стандартов безопасности труда»;
- законов о труде РФ;
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- типовых инструкций по ОТ;
- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);

- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся:

1 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.

2 ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.

3 ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.

4 ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Нормы освещения строительных

площадок. М.: Изд. стандартов, 2001.

5 ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.

6 Правила устройства электроустановок. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002.

7 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.

8 Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

9 Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.

10 Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

11 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении сварки на работников участка могут воздействовать вредные и опасные производственные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла; производственный шум; статическая нагрузка на руку; электрический ток.

1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до 180 мг/м^3 пыли с содержанием в ней марганца до 13,7 процентов (ПДК $0,1-0,2 \text{ мг/м}^3$), а также CO_2 до $0,5 \div 0,6$ процентов; CO до 160 мг/м^3 ; окислов азота

до 8,0 мг/м³; озона до 0,36 мг/м³ (ПДК 0,1 мг/м³); оксидов железа 7,48 г/кг расходуемого материала; оксида хрома 0,02г/кг расходуемого материала (ПДК 1 мг/м³) [22, 23].

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью—более 90% частиц, скорость витания частиц < 0,1 м/с.

Автотранспорт, который используется для перевозки готовых изделий, выбрасывает в атмосферу цеха опасные для здоровья рабочих вещества, к ним относятся: свинец, угарный газ, бенз(а)пирен, летучие углеводороды.

Характер воздействия пыли на организм человека зависит от ее химического состава, который определяет биологическую активность пыли. По этому признаку пыль подразделяют на пыль раздражающего действия и токсическую. Попадая в организм человека, частицы такой пыли взаимодействуют с кровью и тканевой жидкостью, и в результате протекания химических реакций образуют ядовитые вещества.

Отдельные виды пыли могут растворяться в воде и биологических жидких средах: крови, лимфе, желудочном соке, что может иметь как положительные, так и отрицательные последствия.

Медико-биологические исследования показали непосредственную связь между количеством, концентрацией, химическим составом пыли в рабочей зоне и возникающими профессиональными заболеваниями работников транспорта. Продолжительное действие пыли на органы дыхания может привести к профессиональному заболеванию - пневмокониозу. Пневмокониоз характеризуется разрастанием соединительной ткани в дыхательных путях.

Наряду с пневмокониозом, наиболее частым заболеванием, вызываемым действием пыли, является бронхит. В бронхах скапливается мокрота, и болезнь хронически прогрессирует.

Пыль, попадающая на слизистые оболочки глаз, вызывает их раздражение, конъюнктивит. Оседая на коже, пыль забивает кожные поры, препятствуя терморегуляции организма, и может привести к дерматитам, экземам. Некоторые виды токсической пыли (извести, соды, мышьяка, карбида

кальция) при попадании на кожу вызывают химические раздражения и даже ожоги [24].

На участке сборки и сварки изготовления щита крепи механизированной применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом – зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой приближено к источнику выделений. Средняя скорость поступающего воздуха в проеме составляет $0,3 \div 3$ метров в секунду.

Определим количество конвективного тепла выделяемого источником [25]:

$$Q = 1,5 \cdot \sqrt{t_{\text{и}} + t_{\text{в}}}, \quad (5.1)$$

где $t_{\text{и}}$ и $t_{\text{в}}$ – температура поверхности источника и воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

$$Q = 1,5 \cdot \sqrt{350 + 15} = 27,4 \text{ Вт.}$$

Максимальное расстояние от кромки зонта до источника тепловыделений определяется по формуле:

$$H = 1,5 \cdot \sqrt{F} = 1,5 \cdot \sqrt{1,62 \cdot 1,68} = 2,47 \text{ м.} \quad (5.2)$$

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), подтекающего к зонту с конвективным потоком, определяем по формуле:

$$L_k = 0,68 \cdot \sqrt{Q \cdot F^2 \cdot H}, \quad (5.3)$$

где Q – количество конвективного тепла, выделенного с поверхности источника, Вт,

F – площадь горизонтальной проекции источника тепловыделений, м^2 .

$$L_k = 0,68 \cdot \sqrt{10,4 \cdot 2,72^2 \cdot 2,47} = 9,39 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

Найдем размеры вытяжного зонта:

$$A = a + 0,8 \cdot H = 1,62 + 0,8 \cdot 2,47 = 3,6 \text{ м,} \quad (5.4)$$

$$B = b + 0,8 \cdot H = 1,68 + 0,8 \cdot 2,47 = 3,66 \text{ м,} \quad (5.5)$$

Определим количество воздуха, которое должен удалять вытяжной зонт:

$$L_B = \frac{L_k \cdot F_3}{F} = \frac{9,39 \cdot 3,6 \cdot 3,66}{1 \cdot 2,47} = 45,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}. \quad (5.6)$$

Определим количество воздуха для всех зонтов.

$$L_o = 45,4 \cdot 2 = 90,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из расчета видно, что объём воздуха удаляемый от местных отсосов составляет $L = 90,9 \text{ м}^3/\text{с}$.

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный ВЦ4-75-10К1Ж с двигателем АИР132М6 7,5/685.

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- полуавтомат БАРС PROFI MIG-507DT2;
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2 \text{ кг}$) ГОСТ 2310 - 77, шабер, машинка ручная шлифовальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364 – 80, молоток рубильный МР – 22.

Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран мостовой и кран - балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности приведены в таблице 5.1 [26].

Таблица 5.1 - Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [17].

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения. Вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие основания с резиновыми амортизаторами для агрегатов с эластичной муфтой к вентиляторам, а вентиляторы следует устанавливать в отдельные звукоизолирующие помещения с обшивкой двумя слоями гипсоволокнистых листов с каждой стороны.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать

противошумовые наушники по ГОСТ Р 12.4.210-99.

3. Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энергозатратами $172 \div 293$ Дж/с ($150 \div 250$ ккал/ч) [27].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление.

5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке

Для освещения используем газораспределительные лампы, имеющие высокую светоотдачу, продолжительный срок службы, спектр излучения люминесцентных ламп близок к спектру естественного света. Лампы устанавливают в светильник, осветительная арматура которого должна обеспечивать крепление лампы, присоединение к ней электропитания, предохранения её от загрязнения и механического повреждения. Подвеска светильников должна быть жёсткой.

Система общего освещения сборочно-сварочного участка должна состоять из 9 светильников типа С 3-4 с ртутными лампами ДРЛ мощностью 250 Вт, построенных в 3 ряда по 3 светильника.

5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

1. Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи

расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

Тепловая радиация на рабочем месте может в целом составлять 0,5-6 кал/см²·мин [28].

2. Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски по ГОСТ 12.4.023. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда по ГОСТ 12.4.250-2013 – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющихся на проектируемом участке приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Циток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навывпуск.

Для защиты окружающих рабочих применяются ширмы.

3. Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380 В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003 – 81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

4. Электробезопасность.

На участке сборки и сварки применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы (4 шт.) длиной 2,5 метра и диаметром 40 мм.

Соппротивление заземляющего устройства должно составлять не более 4 Ом.

На участке используется контурное заземление – по периметру площади размещают оценочные заземлители.

Для связи вертикальных заземлителей используют полосовую сталь сечением 4х12 миллиметров.

5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой).

Защита от движущихся механизмов.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м.;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м²;
- при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- правильная фиксация щита крепи механизированной на приспособлениях, а также контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

5.5 Охрана окружающей среды

1. Защита селитебной зоны

Распределение территорий осуществляется на основании генеральных планов, на которых указаны участки расселения, использования природного компонента, а также учитываются территориальные возможности

производительных сил. Весь комплекс планирования, определения зон, застройки и т. д. необходим, чтобы городские и сельские поселения были максимально удобными, грамотно распланированными, отвечающими требованиям безопасного проживания, а также имели способность развивать инфраструктуру на территории. В СНиП 2.07.01-89:2 дается определение "селитебная зона", определяются правила, требования, регламентируется последовательность действий для создания городских и сельских поселений, а также указываются данные для проведения расчетов [29].

Промышленные объекты являются основным источником загрязнения окружающей среды. Поэтому следует учитывать, при создании селитебной зоны, направление ветра, которое наиболее вероятно в этой местности. Так же селитебная зона должна быть отгорожена от промышленных предприятий зелеными насаждениями.

2. Охрана воздушного бассейна.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого на участке сборки и сварки щита крепи механизированной ФЮРА.0МКЮ.2Ш.274.00.000 СБ используют масляные фильтры для очистки воздуха от пыли по ГОСТ Р 51251-99. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95÷98 процентов.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 процентов вредных веществ для рабочей зоны [17].

3. Охрана водного бассейна

Охрана водного бассейна заключается в очистке стоков машиностроительного предприятия, для этого применяют механические методы, химические и физико-химические методы, а также комбинированные. Выбор того или иного метода зависит от концентрации взвешенного вещества, степени дисперсности его частиц и требований, предъявляемых к очищенной воде.

4. Охрана почв и утилизация промышленных отходов.

На проектируемом участке сборки и сварки щита крепи механизированной предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается [17].

5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

На участке возможно возникновение пожара. Поэтому разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Проект вытяжной вентиляции.

На участке сборки и сварки применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

В холодный и переходный периоды года, при категории работ Пб – работы средней тяжести, оптимальные параметры следующие: температура от плюс 17 до минус 19°С; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,3 м/с. В тёплый период года: температура 20÷22° С; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,4 м/с.

Для поддержания необходимой температуры применяется центральное отопление.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе в целях интенсификации производства, повышения качества изготавливаемой продукции, снижения себестоимости ее изготовления разработан механизированный участок сборки сварки щита крепи механизированной.

Для сборки-сварки щита крепи механизированной в целом применено стационарное сборочно – сварочное приспособление, которое позволило облегчить сборку изделия, заменено сварочное оборудование на менее дорогостоящее.

В результате перечисленных нововведений время изготовления щита крепи механизированной сократилось на 0,106 ч.

Кроме того, в данной работе приведено обоснование выбора способа сварки, сварочных материалов и оборудования, произведён расчёт элементов приспособлений.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгоды предлагаемого технологического процесса.

Годовая производственная программа составляет 600 изделий.

Площадь спроектированного участка – 83,53 м².

Средний коэффициент загрузки оборудования – 80,5 %.

Экономический эффект на годовую программу – 40558,39 рублей.

Список использованных источников

1. А. М. Фивейский, инж., Д. С. Бузорина, инж., А. Ю. Мельников, инж., А. Е. Филяков, инж. Совершенствование высокопроизводительных процессов импульсной дуговой сварки в защитных газах // Сварка и диагностика – 2016 - №6, С. 53-55
2. В. А. Ленивкин, д-р техн. наук, Д. В. Кисилев, инж., Н. В. Дюргеров, д-р техн. наук, Г. В. Даровский, канд. техн. наук. Особенности анодных процессов дуги при сварке плавящимся электродом в защитных газах // Сварка и диагностика – 2016 - №6, С. 25-28
3. А. В. Савинов, канд. техн. наук, О. А. Полесский, асп., И. Е. Лапин, д-р техн. наук, В. И. Лысак, д-р техн. наук, И. В. Арефьев, инж. Основные закономерности изменения энергетических и технологических характеристик дугового разряда в смесях инертных газов // Сварка и диагностика – 2010 - №6, С. 14-16
4. Кисаримов Р. А. Справочник сварщика. – М.: И П РадиоСофт, 2007 – 288 с.
5. Марочник сталей и сплавов / М.М. Колосков, Е.Т Долбенко, Ю.В. Коширский и др.; под общей М28 ред. А.С Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. 627с.: ИЛЛ.
6. Костин А. М. Сварочные материалы – «НУК», 2004. – 225 с.
7. Васильев В. И., Ильященко Д. П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. - 96 с.
8. Томас К. И., Ильященко Д. П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» -2011. - 247с.
9. Оботуров В. И. Дуговая сварка в защитных газах. М: Стройиздат, 1989 232с.
10. Технологическая инстр. по изготовлен. сварных конструкций изделий горношахтного оборудования ТИ 406.25090.00054 инв. №2815

11. Крампит Н. Ю. Проектирование сварочных цехов: Методические указания. Ю.: Изд-во ИПЛ ЮТИ ТПУ. - 2005. - 40с.
12. Крампит Н. Ю. Нормативы времени на сварочные операции: Методические указания / Крампит Н. Ю. Ю.: Изд-во ЮФ ТПУ. - 2002. - 26с.
13. Сварочный полуавтомат BARC Profi MIG-507DT2 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.seveko.ru/catalog/02-mig-mag/invertornye-svarochnye-poluavtomaty-perenosnoi-mpp-/mig-507dt2-bars-.html>
14. Маслов Б. Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: Учеб. пос. для вузов. – М.: Академия, 2008. – 272 с.
15. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500«Оборудование и технология сварочного производства».-Томск: Изд. ЮФТПУ, 2000.-24с.
16. Азаров Н. А. Конструирование и расчет сварочных приспособлений Томск, ТПУ, 2009. – 48 с.
17. Куликов О. Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.
18. О. Н. Жданова. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500 «Оборудование и технология сварочного производства» -Юрга; ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2005. 32с.
19. Сварочный полуавтомат "Барс" Profi MIG-507DT2 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.:<http://www.e-katalog.ru/BARS-PROFI-MIG-507-DT2--380-.htm>
20. Сварочный полуавтомат ESAB ARISTO MIG 5000I [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.tiberis.ru/collections/esab/products/esab-aristo-mig-5000i>
21. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 3. – М.: Машиностроение, 1978-557с.
22. ГОСТ 12.0.0030 - 74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)»

23. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

24. Запыленность и загазованность воздуха в рабочих зонах [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.ecolosorse.ru/ecologs-281-1.html>

25. В. М. Гришагин, В. Я. Фарберов "Расчеты комфорта и безопасности". – Юрга: Изд. филиала ТПУ, 2012. – 96с.

26. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

27. П. П. Кукин, В. Л. Лапин. Е. А. Подгорных и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. - 298с.

28. Брауде М. З. "Охрана труда при сварке в машиностроении"/ М.: Машиностроение, 1978. - 141с.

29. Селитебные зоны - это что? Селитебная территория [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://fb.ru/article/288464/selitebnyie-zonyi---eto-cto-selitebnaya-territoriya>